

Bioenergiakeskuksen julkaisusarja  
(BDC-Publications)  
Nro 16

# MONIKÄYTTÖKUIVURIN AUTOMATISOINTI

Antti Huupponen  
2005



## SISÄLTÖ

<b>1</b>	<b>Työn lähtökohdat .....</b>	<b>5</b>
1.1	Toimeksiantajat	5
1.2	Tehtävä	6
<b>2</b>	<b>Automaation käsitteitä.....</b>	<b>7</b>
2.1	Automaatio	7
2.2	Automaatiojärjestelmä	7
2.3	Automaatiojärjestelmän laitteita	8
2.4	Analoginen ja digitaalinen elektroniikka	8
2.5	Viestit	9
<b>3</b>	<b>Kuivauksen teoriaa .....</b>	<b>11</b>
<b>4</b>	<b>Kokoonpanomallit.....</b>	<b>13</b>
4.1	Sarjakaapeli malli	15
4.2	Tekstiviesteihin pohjautuva malli	16
4.3	GPRS malli	16
4.3.1	Klinkmanin ratkaisu .....	16
4.3.2	Nokia/ OPTO M2M – ohjausratkaisu .....	17
4.4	WLAN – verkkomalli	17
<b>5</b>	<b>Kokoonpanomallin valinta .....</b>	<b>18</b>
<b>6</b>	<b>Laitteiston valinta.....</b>	<b>18</b>
6.1	Logiikan valinta	18
6.2	Valvomon kokoonpano (rauta)	19

6.3	<b>Ratkaisuja PC-valvomon ohjelmistoksi</b>	<b>21</b>
6.3.1	Valvomon valmispaketit .....	22
6.4	<b>Kenttäväylä</b>	<b>23</b>
6.5	<b>Antureiden ja lähettimien valinta</b>	<b>23</b>
6.6	<b>Sähkö-/ logiikkakeskus</b>	<b>26</b>
6.7	<b>Kulutuslaiteluettelo</b>	<b>27</b>
7	<b>Kuivurin toiminta ja Laitteiston sijoitus.....</b>	<b>30</b>
8	<b>Työturvallisuus .....</b>	<b>30</b>
9	<b>Työn analysointi .....</b>	<b>31</b>
9.1	<b>Kokoonpanomallin valinta</b>	<b>31</b>
9.2	<b>Ohjelmointityö</b>	<b>31</b>
9.3	<b>Laitteiston valinta</b>	<b>32</b>
9.4	<b>Ympäristötekijät</b>	<b>32</b>
9.5	<b>Langaton tiedonsiirto</b>	<b>32</b>
9.6	<b>Järjestelmän laajennus</b>	<b>33</b>
	<b>LÄHTEET.....</b>	<b>35</b>
	<b>LIITTEET .....</b>	<b>36</b>
1	<b>Käyttöohjeet.....</b>	<b>52</b>
1.1	<b>Tutkimuksen aloitus</b>	<b>52</b>
1.2	<b>Sää-aseman tietojen vieminen Exel - taulukkoon</b>	<b>53</b>
1.2.1	Säätiöiden päivitys .....	53
1.2.2	Säätiöiden vienti Exel - taulukkoon .....	54
1.3	<b>Kuivurin tietojen tuonti Exel – taulukkoon</b>	<b>56</b>
1.3.1	Tietokanta.....	56
1.3.2	Vanhon kuivaustietojen tuonti Exeliin.....	56

**1.4 Tietokoneen kaatuminen 57**

**1.5 Ohjelmiston uudelleen asennus 57**

# 1 TYÖN LÄHTÖKOHDAT

## 1.1 Toimeksiantajat

Opinnäytetyöni toimeksiantajana olivat Saarijärvellä toimiva Jyväskylän ammattikorkeakoulun Luonnonvarainstituutti, sekä Saarijärven Kolkanlahdessa toimiva Bioenergiakeskus.

### **Bioenergiakeskus**

Bioenergiakeskus on biomassapolttoaineiden pienen kokoluokan tuotannon ja käytön koulutus- ja kehitysympäristö. Bioenergiakeskus on myös osa kansainvälistä bioenergiakeskusten verkostoa ja osa kansainvälistä Bioenergy Technology Transfer Network-hanketta. Rahoittajina toimii muun muassa EU:n Itämeren INTERREG III-ohjelma, Jyväskylän ammattikorkeakoulu, Sisäasianministeriö, Keski-Suomen liitto, Jyväskylän Teknologiaakeskus Oy, ZukunftsAgentur Brandenburg CmbH(Saksa) ja Energigården (Norja)

### **Bioenergiakeskuksen tavoitteet ja toiminta**

Bioenergiakeskuksen tavoitteena on bioenergiaan liittyvän tutkimustiedon soveltaminen käytännön tarkoituksiin ja näin tukea Bioenergiasektorilla toimivia yrityksiä. Bioenergiakeskus kehittää uusia, parempia ja taloudellisempia tapoja käyttää bioenergiaa. Bioenergiakeskus pyrkii myös levittämään bioenergiatietoa. Tiedonlevittämiseksi Bioenergiakeskus onkin järjestänyt useita bioenergia-aiheisia tapahtumia. Opinnäytetyöni automatisoinnin kohde, monikäyttökuivuri, olikin esillä Lokakuussa 2004 Bioenergiakeskuksen järjestämällä Klapipäivillä.

Bioenergiakeskuksen palveluihin kuuluu myös koulutus. Agrologikoulutuksen bioenergian erikoistumisopinnot (45 ov) suoritetaan bioenergiakeskuksessa. Lisäksi koulutusta järjestetään erikoistumisopintojen muodossa puuenergian tuotantoon ja

käyttöön (Wood Fuel Production and Use, Puuenergian kansainväliset ammatilliset erikoistumisopinnot 20 ov). Tämän lisäksi tarjolla on yksilöllisesti räätälöityjä koulutuspaketteja. Tutkimus- ja kehittämistoimintaa on tuotekehityspalveluiden ja kiinteän polttoaineen kosteus- ja tuhkapitoisuus määritysten muodossa. Tiloja vuokrataan koulutukseen, tuote-esittelyyn sekä tuotekehitykseen. Bioenergiakeskuksessa on myös pysyvä näyttelytila, jossa esitellään bioenergiamuotoja sekä laitevalmistajien tuotteita.

## **1.2 Tehtävä**

Opinnäytetyöni aiheena oli monikäyttökuivurin automatisointi, sisältäen tiedonkeruun kuivausprosessista. Laitteistolta vaadittiin toimivuutta ulkotiloissa ympärivuoden. Lisäksi toiveena oli langaton informaation siirtäminen kuivurilta Bioenergiakeskuksen tiloihin. Langattomuus ei kuitenkaan ollut kovin tärkeää, mikäli kaapelointi pystyttiin rakentamaan, sitten ettei se ole kenenkään tiellä tai ole häiritsevästi esillä. Opinnäytetyöni aihe oli erittäin mielenkiintoinen, koulutustani vastaava, opettavainen ja käytännönläheinen. Kuivurin suunnitteluun oli tilattu asiantuntijapanostusta Airia Oy:ltä. Kuivurin automaation ja sähkötyöt tein sähköasentaja Seppo Purasen kanssa. Haluan kiittää sekä Seppo Purasta että, Airia Oy:n toimitusjohtaja Reijo Alanderia asiantuntevasta tuesta opinnäytetyöni osalta.

## **2 AUTOMAATION KÄSITTEITÄ**

### **2.1 Automaatio**

Automaatio-sanaa on käytetty Suomessa jo 1950-luvulta saakka. Termin sisällön määrittely oli aluksi hankalaa ja niinpä automaatio-sanan käyttö hiipui 1960 luvulle tullessa. Tällöin käytettiin tarkempia ja rajatumpia termejä, esimerkiksi mittaus- ja säätötekniikka, tai logiikkajärjestelmät. Ensimmäiset robotit tuotiin Suomeen vuonna 1971. Automaatio-termin käyttö yleistyi 1980 luvulla. Näinpä ammattioppilaitoksista valmistuu nykyään automaatioasentajia, ja teknillisistä oppilaitoksista valmistuu automaatiotekniikan- /koneautomaation insinöörejä. Nykyään automaatiotekniikka luetaan osaksi informaatioteknologiaa. Automaatio tarkoittaa automaattisten tuotantolaitteiden- ja laitosten suunnittelua ja toteuttamista. Myös pitkälle automatisoitujen järjestelmien käyttö katsotaan kuuluvan automaation piiriin. Valmistusautomaatiossa puhutaan prosessi- ja koneautomaatiosta. Prosessiautomaatio termiä käytetään, mikäli valmistettava tuote on jossain prosessin vaiheessa muussa kuin kiinteässä olomuodossa. (Fonselius, Pekkola, Selosmaa, Ström & Välimaa. 1996, 7) Hyvä esimerkki prosessiautomaatioon kuuluvasta valmistusautomaationhaarasta on paperikone. Koneautomaationpiiriin voidaan taas laskea kuuluvan vaikkapa kännykän osia kokoava tai pakkaava automaattisesti toimiva järjestelmä. Opinnäytetyöni kuivuri kuuluu taas periaatteessa prosessiautomaation piiriin, koska prosessissa käsiteltävä materiaali on ilmaan sitoutunut kosteus.

### **2.2 Automaatiojärjestelmä**

Automaatiojärjestelmä käsittää kaikki laitteet, joilla prosessia ohjataan ja valvotaan. Automaatiojärjestelmä jaetaan yleensä kolmeen osaan: kenttä, ristikytkentätila ja valvomo. Kentällä sijaitsevia antureita, lähettimiä ja muita toimilaitteita kutsutaan kenttälaitteiksi. Kentältä saadut viestit kootaan yleensä ristikytkentätilaan, jossa ne

käsitellään tarpeen mukaan ja kytketään erilaisiin kytkentätauluihin. Ristikytkentätilan jälkeen viestit kaapeloidaan valvomoon.

## **2.3 Automaatiojärjestelmän laitteita**

### **Anturi**

Automaationlaite, joka mittaa jotain suuretta. Esimerkiksi teollisuudessa hyvin yleinen PT100 anturi mittaa lämpötilaa.

### **Lähetin**

Laite, joka lähettää anturilta saadun tiedon eteenpäin. Esimerkiksi lähettimestä ja sen toiminnasta käy opinnäytetyöni PT100-lähettimet. Kyseinen lähetin toimii pääpiirteittäin seuraavasti:

PT100 anturi on vastusanturi, joka antaa PT100 - lähettimelle lämpötilan mukaan vaihtelevan vastuksen. Sähkökeskukseen sijoitetut PT100 - lähettimet taas muuttavat vastuksen virtaviestiksi logiikalle.

### **Ohjelmoitava logiikka**

Nykyään hyvin yleisesti automaatiossa jotain prosessin osaa, tai jopa koko prosessia ohjaa ohjelmoitava logiikka. Ohjelmoitavasta logiikasta käytetään myös nimitystä PLC (Programmable Logic Controller) tai logiikka. Logiikoiden suurimpia etuja ovat havainnolliset ohjelmointikielet ja ohjelmien helppo muokattavuus jälkeenpäin. Logiikan tehtävänä on kerätä prosessista tulotietoja, ja lähettää informaatiota tai ohjata laitteita sen mukaisesti kuinka se on ohjelmoitu.

## **2.4 Analoginen ja digitaalinen elektroniikka**

Elektroniikan painopiste siirtyy jatkuvasti analogisesta digitaalisen elektroniikan suuntaan. Esimerkkeiksi käy muun muassa se, että analoginen (NMT) matkapuhelinverkko on korvattu digitaalisilla verkoilla (GSM, GPRS ja UMTS). Tällä hetkellä analogiset TV-lähetykset korvautuvat digitaalisilla järjestelmillä.



Digitaaliseen tekniikkaan siirrytään, koska digitaaliset laitteet ovat halvempia, luotettavampia ja suorituskykyisempiä kuin vastaavat analogiset laitteet. Digitaaliset laitteet ovat myös pienempiä, kevyempiä ja kuluttavat vähemmän tehoa. Merkittävää on myös se, että automaation ohjelmistot eivät voi toimia analogisen elektroniikan mukaisesti. (Vesa Volotinen. 2000, 12.) Ohjelmistot perustuvatkin aina binäärisiin toimintoihin, eli ykkösiin ja nolliin, aivan kuten digitaalinen elektroniikka. Tämän vuoksi ohjelmoinnissa tarvitaan binääri- ja heksadesimaalilukujärjestelmiä. Binääriluvusta näkee suoraan mitkä bitit(ks. kappale Digitaaliviesti) ovat päällä. Heksadesimaaliluvulla saadaan lyhennettyä merkinnät.

## **2.5 Viestit**

Kentällä olevilta laitteilta saadaan mittaustietoja erilaisina viesteinä. Yleisimpiä ovat olleet binääriset ja analogiset viestit. Nykyään käytetään yhä useammin myös digitaalisia viestejä. Viestityypit ovat pitkälle standardisoituja, jotta välttyttäisiin yhteensopivuusongelmilta. Tämä onkin tärkeää, koska usein tehtailla on automaatiolaitteita tai automaatiojärjestelmänosia hyvin useilta eri valmistajilta. Esimerkiksi käy paperitehtaan pakkaamon rullankäärintäkone, joka käärii muovikelmun rullan ympärille. Käärintäkone on hyvin usein erikseen tilattu laite, eikä näin ollen todennäköisesti kuulu samaan tuoteperheeseen muun laitteiston kanssa.

### **Binääriviesti**

Binääriviestit ovat kaikkein yksinkertaisimpia viestejä. Binääriviesti on kaksitilainen, eli käytännössä informaatio saadaan tutkimalla onko johtimessa jännitettä vai ei.

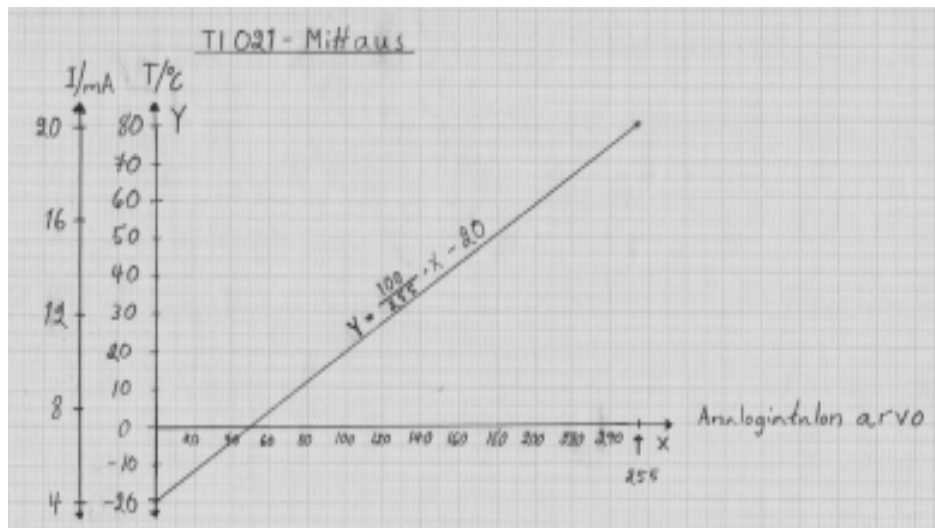
### **Analogiaviesti**

Analogiaviesteistä tunnetuin on 4-20 mA välillä vaihteleva standardivirtaviesti. Myös 0-10 V jänniteviesti on hyvin yleinen. (SFS-IEC 381-1.) Käytännössä analogiaviesti on siis johtimessa kulkeva virta, tai vaihtoehtoisesti johtimien välinen jännite-ero.

## Digitaaliviesti

Pienin mahdollinen tiedon määrä on yksi bitti. Bitti (Bit) voi olla tilassa 0 tai 1.

Digitaalinen viesti koostuu useammasta binääri-tyyppisestä viestistä. Kahdeksan bittiä muodostaa tavun (Byte). Tavu on hyvin usein käytetty tiedon määrä. Tavulla on mahdollista ilmaista kymmenlukujärjestelmän luvut 0-255. Esimerkiksi opinnäytetyöhöni valitsema Omronin Mad-11 analogiayksikkö lukee analogiatulot kahdeksan bitin tarkkuudella ja muuttaa näin viestin digitaaliseen muotoon. Tämän seurauksena saatu viesti saadaan analogiayksiköstä logiikalle 1/256 osan tarkkuudella, ks. kuva1.



KUVA 1. Y-akselilla on Vaisalan HMP237 mittarilta saatu lämpötila tieto. X-akselilla on analogiatulon arvo. Koska lämpötilanmittausalue skaalattiin alueelle  $-20..80\text{ }^{\circ}\text{C}$ , saadaan lämpötilatieto luettua logiikalle 0,4:n asteen tarkkuudella ( $100^{\circ}\text{C} / 256 = 0,39 \approx 0,4$ )

## Ohjausviestit

Toiseen suuntaan tapahtuva viestiliikenne eli ohjausviestit ovat vastaavanlaisia viestejä, kuin edellä mainitut viestit. Ohjausviesteihin tosin saattaa liittyä myös säätö. Säätö voi olla PID-tyyppinen eli siinä on vahvistava P osa, integroiva I osa nopeuttamassa säätöä, sekä D osa joka ennakoi säätöä. Säätö voi koostua myös ainoastaan PI- tai PD-osasta. Säätöpiiri vaatii aina myös takaisinkytkennän. Takaisinkytkennällä voidaan verrata toisiinsa ohjauksen asetusarvoa ja mitattua todellista prosessin tilaa. Säätö voidaan toteuttaa joko ohjelmallisesti tai mekaanisella

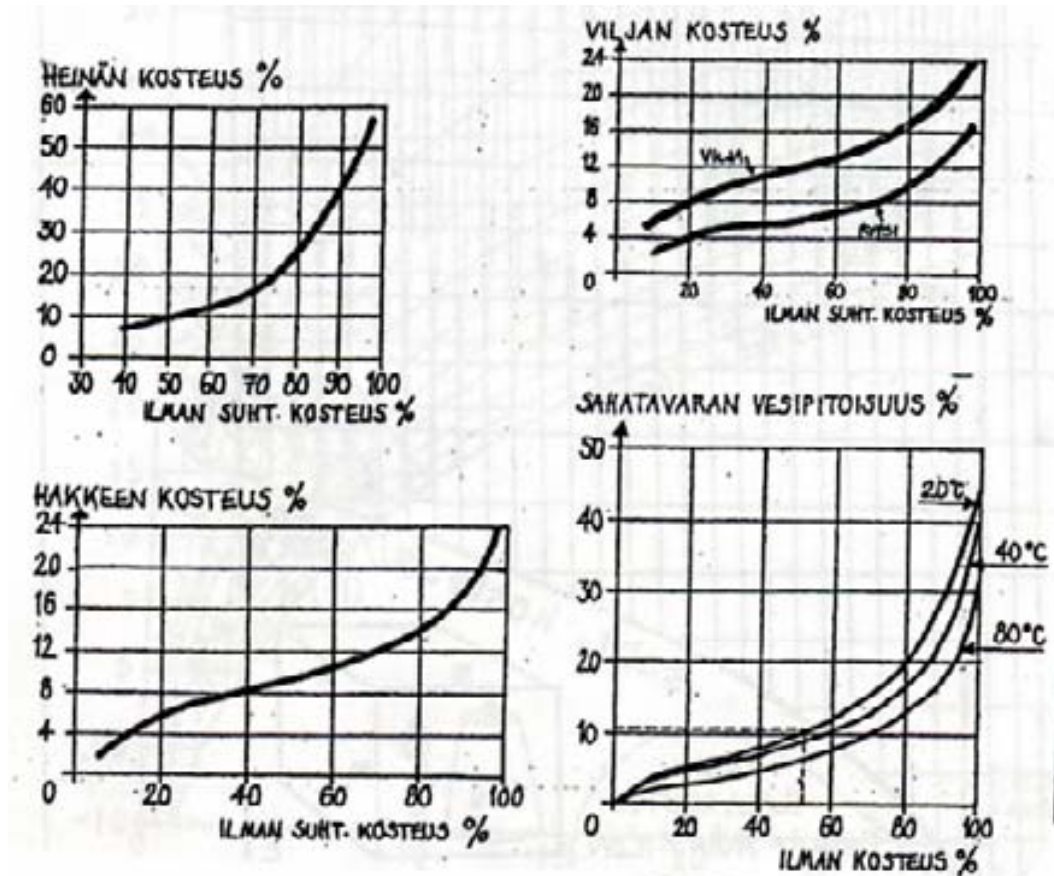
säätölaitteella. Opinnäytetyöni kuivurissa ei ole automaatioon sisältyvää säätöä. Tosin kuivurin jatkokehityksen aikana puhaltimen ohjaus saatetaan rakentaa, niin että puhaltimen pyörimisnopeus muuttuu automaattisesti kuivurista poistuvan kosteuden mukaan.

### 3 KUIVAUKSEN TEORIAA

Kosteana korjatun materiaalin (vilja, heinä, hake) ja siinä olevien mikrobien, lähinnä homesienten, elintoiminnot jatkuvat korjuun jälkeen. Materiaali lämpenee ja samalla ravintoaineet alkavat hajota. Ravintoaineita käyttävät pieneliöt lisääntyvät, jolloin materiaalin laatu huononee. Materiaalin omien elintoimintojen aiheuttama lämpeneminen on yleensä vähäistä, voimakas lämpeneminen on aina merkki homeiden aktiivisuudesta. Kuivauksessa kosteus alennetaan riittävän alhaiseksi, jolloin haitallisten pieneliöiden kasvu estyy. Muita mahdollisuuksia ovat ilmatiivis säilöntä ja happosäilöntä. (Markku Järvenpää & Kari Kivinen, 3.)

Keskeisin asia kuivurin toiminnan ymmärtämiseksi on se, kuinka paljon enemmän lämmitetty ilma pystyy sitomaan kosteutta kylmään ilmaan verrattuna. Lisäksi täytyy tietää kuinka kuivaksi materiaalin voi saada tietyllä ilmankosteudella. Pienellä kuivatusilman lämmityksellä voidaan saada aikaiseksi merkittävä kuivaustehon kasvu. Ilman kykyä kuivata materiaalia voidaan tarkastella ns. Mollier-diagrammin avulla. Mollier-diagrammin käyrät kuvaavat ilman suhteellista kosteusprosenttia, lämpötilan ja ilmanvesisisällön funktiona. Liitteen 10 Mollier-diagrammista nähdään että, mikäli ulkoilmankosteus on 80% ja lämpötila on 10°C, kuivurista voi poistua kosteutta 0,7 g/kg. Mikäli samaa kuivaus ilmaa lämmitetään 5 °C, kuivurista voi poistua kosteutta 1,7 g/kg. Näin ollen lämmittämällä 5 °C kuivuriin menevää ilmaa, kuivaus teho on kasvanut lähes 2,5 kertaa suuremmaksi ( $1,7/0,7 = 2,43$ ). Kuivausilman suhteellinen kosteus määrää, kuinka kuivaksi kuivattava materiaali voidaan saada. Kuvassa 2 on viljan, öljykasvien, heinän, hakkeen ja sahatavaran kosteustasapainokäyrät. Kosteustasapainokäyristä nähdään, kuinka kuivaksi materiaali voidaan kuivata tietyllä ilman suhteellisella kosteusprosentilla. (Markku Järvenpää & Kari Kivinen, 1 – 8.)

Kostean materiaalin säilyminen riippuu sen kosteudesta ja lämpötilasta, jos varastoilman happipitoisuus ja happamuus ovat normaalit. Opinnäytetyöni kuivurin toiminta perustuu kylmäilmakuivaukseen, eli happipitoisuuteen tai happamuuteen kuivuri ei vaikuta. Tämän vuoksi keskityin automaation suunnittelussa ainoastaan ilmankosteutta ja lämpötilaa mittaaviin antureihin.



KUVA 2. Viljan, öljykasvien, heinän, hakkeen ja sahatavaran kosteustasapainokäyrät. Materiaalin kosteus hakeutuu tasapainoon sitä ympäröivän ilman suhteellisen kosteuden kanssa.

## 4 KOKOONPANOMALLIT

Automaation suunnittelun aloitin valitsemalla automaation ohjaus laitteen, eli laitteen joka tulee ohjaamaan prosessia. Mielestäni varteenotettavimmat vaihtoehtoehdot automaatiojärjestelmän pohjaksi oli mikrokontrolleri tai ohjelmoitava logiikka.

### Mikrokontrollerit

Mikrokontrollerit poikkeavat mikroprosessoreista siinä, että ne eivät tarvitse ulkoista muistia. Muistityyppejä on useita. OTP-muisti (One Time Programmable), voidaan ohjelmoida vain kerran. Uudelleen kirjoitettavia muistityyppejä ovat muun muassa eprom ja flash. Vaikka uudelleen kirjoitettavat muistit ovat kalliimpia, ne säästävät yleensä pitkässä juoksussa rahaa, koska piiriä ei tarvitse ohjelmamuutosten yhteydessä korvata uudella. Kuvassa 3 on mikrokontrollereita.



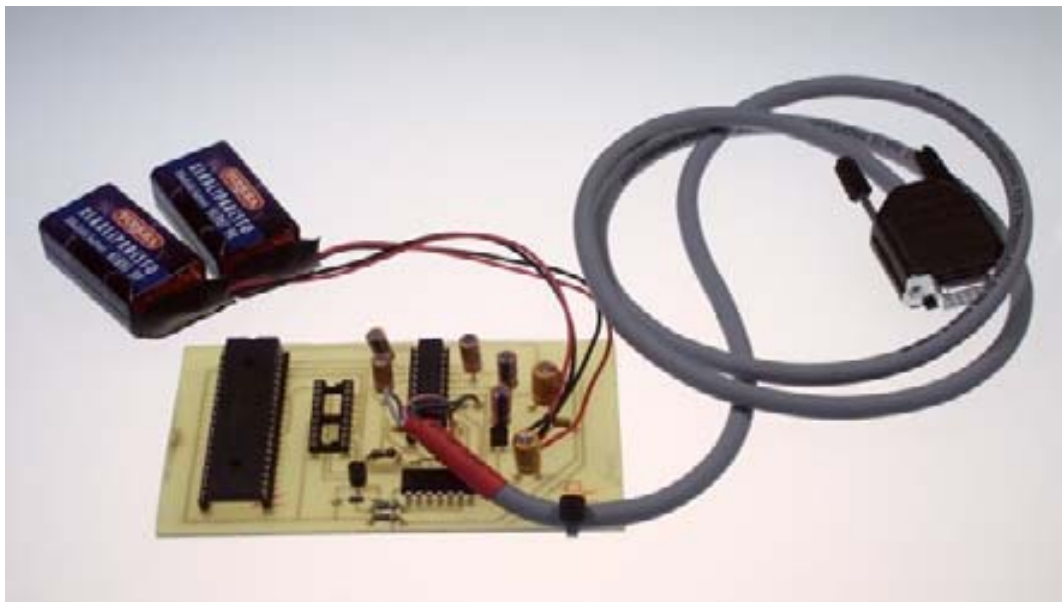
KUVA 3. Mikrokontrollereita

Mikrokontrollerin ohjelmointia varten tarvitaan piirin ohjelmointia varten laite, piirinojelmointialusta. Elektroniikka valmistaja myyvät kyseisiä laitteita valmiina komponentteina. Kuvassa 4 on tunnetun mikrokontrollerivalmistajan MikroChipin flas-muistilla varustettujen mikrokontrollereiden ohjelmointiin sopiva laite.

Piirinojelmointialustan voi myös rakentaa itse, työn tulos tulee näyttämään kuvan 5 kaltaiselta.



KUVA 4. MicroChip Baseline Flash Programmer, mikrokontrollerin ohjelmointiin sopiva laite.



KUVA 5. Itse rakennettu mikrokontrollerin ohjelmointialusta.

Mikrokontrollerin ohjelmointi voidaan suorittaa konekielellä, C-kielellä tai Basic-kielisenä ohjelmointina. Suurempien kokonaisuuksien luontiin C-kieli sopii parhaiten. Basic on helpoiten opittava kieli, mutta sen rakennetta ei yleensä pidetä kovin hyvänä. Mikrokontrollereiden Basic-ohjelmoinnin tunnetuimmat Basic-kieliset versiot ovat PicBasic ja FlashBasic. Basic kieli sopii parhaiten, jos kokonaisuus ei ole kovin laaja, ohjelmointi kokemusta C-kielestä ei ole ja tarkoituksena on saada nopeasti aikaiseksi toimiva ohjelma. (Olli Majander. PIC-mikrokontrollerit).

## Ohjelmoitavat logiikat

Automaation päätin rakentaa ohjelmoitavanlogiikan ympärille. Logiikan ohjelmointi on melko selkeää ja ohjelmamuutosten teko onnistuu vaivattomasti. Lisäksi logiikat sisältävät runsaasti valmiita ohjelmointiin sopivia komponentteja, kuten ajastimia ja laskureita. Logiikoiden laajennettavuus on myös helposti toteutettavissa. Edellä mainittujen syiden vuoksi suunnittelin automaation logiikan ympärille. Logiikakka



yksikköön pohjautuvan automaatiolaitetekoonpanon suunnittelun aloitin määrittelemällä muutamia kokoonpanomalleja. Laitteistoa valittaessa pidin tärkeänä sitä, että valittu tekniikka olisi melko yleisesti käytössä. Varsinkin juuri tähän projektiin oli mielestäni järkevää valita laitteita ja ohjelmistoa niin, että tulevaisuudessa kuivurin jatkokehittämiseen löytyy tarvittaessa helposti henkilö. Kuvassa 6 on opinnäytetyöhöni valitsema Omron CPM2A logiikka.

KUVA 6. Omron CPM2A logiikka

### 4.1 Sarjakaapeli malli

Tieto logiikalta valvomoon siirretään sarjakaapelin avulla. Tämä on perinteinen ja hyvin toimintavarma ratkaisu. Tiedonsiirto pohjautuu logiikan ja valvomon väliin kytkettyyn RS-232 sarjaväylään. Mikäli tietokoneessa ei ole sarjaporttia vapaana voidaan tietokoneeseen joutua hankkimaan sarjaliikennekortti. Sarjaliikennekortti maksaa 30-250 euroa, sarjaporttien lukumäärästä ja liitännästä (ISA/ PCI) riippuen.

## 4.2 Tekstiviesteihin pohjautuva malli

Short message service (SMS) on lähes jokaisessa kännykässä toimiva palvelu, tekstiviesti. Tekstiviestiin pohjautuvassa mallissa tieto logiikalta valvomoon olisi siirretty tekstiviestien avulla. Tiheään tapahtuvasta tekstiviestien lähetyksestä aiheutuu jatkuvasti kuluja. Lisäksi itse uskon uusien nopeampien verkkojen syrjäyttävän lähitulevaisuudessa tekstiviesteihin perustuvat ratkaisut. Esimerkiksi jo monille kannettavan tietokoneen ja kännykän avulla internetverkkoon koneensa kytkeville tutuksi tullut GRPS – verkko tarjoaa nopeampaa tiedonsiirtoa ja laskutuskin tapahtuu siirretyn datamäärän mukaisesti. Datamäärän mukainen laskutus tulee usein halvemmaksi, kuin tekstiviestit, kuitenkin luonnollisesti järjestelmästä riippuen. Opinnäytetyöni prosessissa logiikan ja valvomon välistä tiedonsiirtoa tapahtuu niin tiheään, että datamäärään perustuva laskutus tulisi merkittävästi edullisemmaksi. SMS – verkkoon perustuva ratkaisu on hyvä valinta, mikäli tarkoituksena on esimerkiksi lähettää työntekijälle hälytyksiä prosessista. Esimerkiksi vedenpuhdistamolla voi olla käytössä järjestelmä, jossa työntekijälle tulee kännykkään ilmoitus tekstiviestinä vedenpuhdistamolla mahdollisesti esiintyvistä ongelmista.

## 4.3 GPRS malli

Tieto logiikalta valvomoon siirretään GPRS – verkon välityksellä.

### 4.3.1 Klinkmanin ratkaisu

GPRS – verkon avulla kommunikoivien automaatiojärjestelmien tunnetuimpia valmistajia on Klinkman Oy. Heiltä löytyy automaatoratkaisu, jossa tieto tulee PC:lle IP-osoitteen kautta Windowsin DDE - rajapintaan. Tiedonsiirrosta aiheutuvat kustannukset ovat melko pienet, koska laskutus perustuu siirrettyyn dataan. Tämän ratkaisumallin hylkäsin, koska prosessin ohjaaminen GPRS – tekniikalla ei olisi onnistunut. Klinkmanin ratkaisulla tiedonkeruu olisi kylläkin onnistunut mainiosti. GPRS – tekniikkaan pohjautuva tiedonkeruujärjestelmä on käytössä muun muassa VR:llä. Junien jarruja koestetaan GPRS-pohjaisella järjestelmällä. (Klinkmannin



mainosesitteet.) Kuitenkin on yleensä todettu, että viestiliikenne kannattaa yleensä kaapeloida kentältä alaproessiasemalle, josta tieto sitten voidaan tarvittaessa lähettää langattomasti eteenpäin. Näin järjestelmästä saadaan toimintavarma.

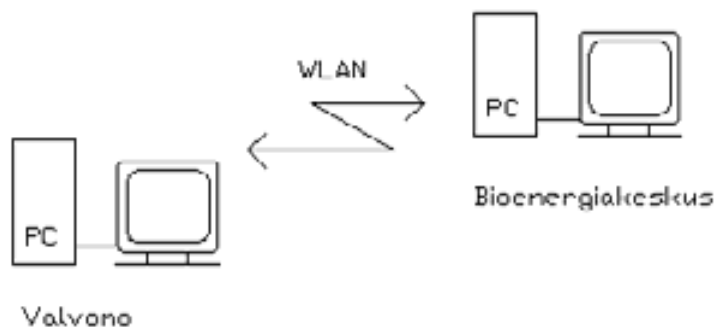
#### 4.3.2 Nokia/ OPTO M2M – ohjausratkaisu

Nokia ja Opto22 ovat kehittäneet GPRS – verkon avulla toimivan prosessinohjaus keskuksen. Kyseinen ohjauskeskus on erittäin vartenotettava vaihtoehto automaation ohjauskeskukseksi, sovelluksiin joissa valvomon ja prosessinohjauskeskuksen välistä tiedonsiirtoa ei voida kaapeloida.

Opinnäytetyössäni langattomuutta ei lopulta tarvittu logiikan ja valvomon välille. Näin ollen sarjakaapeliratkaisu oli vartenotettavampi vaihtoehto.

#### 4.4 WLAN – verkkomalli

Langattoman Wlan-verkon rakentaminen vaatii joka tapauksessa sarjakaapelimallin pohjaksi. Ei ole olemassa logiikkayksikköä, joka kommunikoi valvomoon Wlan – verkon kautta. Wlan-verkon voisi rakentaa Kuvan 7 mukaisesti. Wlan-verkot ovat nykypäivänä hyvin yleisiä ja verkon rakennuskustannukset ovat vain muutamia kymmeniä euroja.



KUVA 7. Wlan-verkon lisääminen järjestelmään.

## **5 KOKOONPANOMALLIN VALINTA**

Automaatiolaitteiston valintaan vaikutti suuresti se, että sain mahdollisuuden sijoittaa tietokoneen kuivurin läheisyyteen. Tämän jälkeen oli selvää, että valitsin kokoonpanomalliksi sarjakaapelimallin. Toimintavarmuus ja vastaavien järjestelmien yleisyys vaikuttivat myös suuresti asiaan. Lisäksi langaton tiedonsiirto voidaan toteuttaa vaivattomammin PC- tietokoneelta toiselle. Eli tulevaisuudessa valvomo PC:hen voidaan liittää GPRS – modeemi tai vaikkapa WLAN verkko, jonka kautta tietoa voidaan siirtää langattomasti. GPRS - verkon avulla tiedonsiirto onnistuu vaikka maapallon toiselle puolelle saakka.

## **6 LAITTEISTON VALINTA**

### **6.1 Logiikan valinta**

Logiikkayksikköä valittaessa tärkeimpänä asiana pidin logiikan ominaisuuksien ohella toimintavarmuutta ja ohjelmointityökalun ominaisuuksia. Tunnetuimpien logiikkavalmistajien logiikat ovat omien kokemuksieni mukaan hyvinkin toimintavarmoja. Valinta kallistui Omronin puoleen, erityisesti kyseisen logiikkasarjan HostLink – toimintojen ansiosta. Tämän toiminnon avulla pystyin itse ohjelmoimaan valvomon VisualBasic:llä , ilman että olisi tarvinnut ostaa lisenssiä jostain valmiista valvomoratkaisusta. Näin projektin kuluja pystyttiin pitämään matalammalla. Logiikkamallin valintaan vaikutti myös valmistajan tunnettavuus. OMRON Tateisi Electronics Co on yksi maailman tunnetuista logiikan valmistajista (Fonselius, ym. 1996, 132). Omronin logiikan ohjelmoinnin tunnettavuuden ansiosta tulevaisuudessa mahdolliset ohjelmamuutokset ovat helpoimmin toteutettavissa, koska asiantuntemusta ohjelmoinnin osalta löytyy useilta henkilöiltä.

Omronin logiikkaperheestä logiikkamalliksi valitsin CPM2A – mikrologiikan. Mikrologiikkasarja oli tarpeeseen aivan riittävä. Sarjan halvin ja kevyin malli CPM1A ei kuitenkaan ollut aivan riittävä tarpeeseeni. Esimerkiksi sisäinen kello ja patteri uupuivat. Tiedossani oli kuitenkin tarpeita vuorokauden ajasta riippuviin toimintoihin, kuten kuivurin automaattinen käynnistykseen ja pysäytykseen tiettyyn kellonaikaan. CPM2A kuitenkin sisälsi nämä ominaisuudet. Kyseiseen logiikkamalliin pystyy liittämään kolme analogiayksikköä.

Mikäli kokoonpanomalliksi olisin valinnut SMS- tai GPRS- malli, Unitronicsin logiikkasarjasta olisi löytynyt varteenotettavimmat vaihtoehdot. Kyseiseltä valmistajalta löytyy täysin GSM / GPRS tiedonsiirtoon suunnitellut logiikkamallit.

## **6.2 Valvomon kokoonpano (rauta)**

Automaatiojärjestelmän käyttöliittymän eli valvomon voi toteuttaa usealla eri tavalla. Perinteisimmin on käytetty ohjauspulpetteja, joiden vivuilla ja kytkimillä prosessia on säädelty. Nykyään automaatiovalmistajilta on saatavilla logiikkaan kytkettäviä operointipaneeleja. Operointipaneelin näytölle luodaan ohjauksessa tarvittavat painikkeet. Lisäksi ohjauspaneelin näytölle voidaan tuoda tietoa prosessista ja paneeliin voidaan ohjelmoida useampia näyttöjä eli ikkunoita. Operointipaneelilla voidaan saada aikaiseksi kustannussäästöjä, koska mekaanista ohjauspulpettia ei tarvitse rakentaa. Operointipaneelin avulla myös prosessin jatkokehittäminen ja muutosten tekeminen on helpompaa, kuin lähteä muuttamaan johdotuksia ja mekaanisia kiinteärakenteisia ohjauskytkimiä ja – vipuja. (Fonselius, ym. 1996, 190)

Opinnäytetyöni kuivuri kehittyi jatkuvasti, joten oli selvää että myös automaatiolta vaadittiin runsaasti joustavuutta. Näin ollen oli selvää että valvomo tuli toteuttaa ohjelmistoon perustuvaksi. Tämän seurauksena vaihtoehdoiksi jäi graafinen operointipaneeli ja PC:n näytölle toteutettu valvomo. Koska prosessin tieto piti saada kerättyä talteen, valitsin PC:hen pohjautuvan ratkaisun. Näin ollen pystyin tallentamaan tietokoneen kovalevylle prosessin informaatiota ja kerätystä informaatiosta voidaan ottaa varmuuskopiot helposti. Tiedon siirtäminen eteenpäin onnistuu muistitikun, Cd-levyn tai lähiverkon avulla. PC-pohjaisen valvomon

heikkouksia ovat mahdolliset tietokonevirukset ja keskusyksikön kaatuminen. Opinnäytetyöni kuivurin valvomoon ei tosin pitäisi päästä viruksia, koska valvomotietokone ei ole yhteydessä mihinkään verkkoon. Koska PC-tietokone ei ole mielestäni koskaan riittävän toimintavarma prosessinohjaukseen, suunnittelin kuivurin automaation niin, että logiikka pystyy ohjaamaan prosessia tarvittaessa ilman valvomoa. Valvomotietokoneen pitää tosin olla toiminnassa, jotta prosessin informaatio saadaan kerättyä talteen. Jotta tieto saataisiin talteen myös valvomotietokoneen kaatuessa, tulisi logiikka ohjelmoida keräämään muistiinsa datavarastoa. Tämmöistä tiedonkeruuta en lähtenyt kuitenkaan ohjelmoimaan logiikkaan ajanpuutteen vuoksi.

Valvomon tietokoneeksi suosittelin vanhaa Pentium PC:tä, koska se oli tarkoitukseen mielestäni aivan riittävä. Hivenen vanhahkolla koneella olemme mielestäni pärjänneet aivan mainiosti. Valvomotietokoneen pohjaksi on olemassa myös teollisuuskäyttöön suunniteltuja PC-pohjaisia tietokoneita. Teollisuus-PC on toimintavarmempi ja tämän vuoksi kalliimpi. Teollisuus-PC on suojattu pölyltä ja roiskeilta. Kiintolevyt ovat myös iskunvaimennettuja. Teollisuus-PC voi olla rakennettu myös siten, että näyttö on integroitu samaan koteloon. Lisäksi tietokoneessa voi olla itsevalvontaa. Itsevalvonta toimii niin, että sisäisen tai ulkoisen lämpötilan noustessa annetaan hälytys, joko merkkilampun tai äänimerkin avulla. (Control Express Oy.)

### **6.2.1 Valvomotietokoneen tehtävät opinnäytetyössäni**

Valvomon pääasiallinen tehtävä on visualisoida prosessi ja antaa käyttäjälle mahdollisuus säätää prosessia. Lisäksi valvomon tehtäviin kuuluu usein tiedonkeruu, kuten opinnäytetyössäni. Opinnäytetyössäni valvomotietokone kerää tietoa logiikan kautta kuivurinantureilta, sekä sarjaväylää pitkin sää-asemalta. Näitä tietoja voidaan seurata reaaliaikaisesti näytöltä ja näistä tiedoista tallennetaan tietokantaa valvomotietokoneen kovalevylle. Käyttäjä ohjaa prosessia asettelemalla valvomo-ohjelman avulla puhaltimen toiminnan haluamukseen.

### **6.3 Ratkaisuja PC-valvomon ohjelmistoksi**

Valvomo-ohjelman päätin ohjelmoida itse, koska Omronin–logiikkaan oli suunniteltu hyvät muistin luku- sekä kirjoitus ominaisuudet (HostLink). Lisäksi katsoin prosessin informaatiomäärän sen kokoiseksi, että kykenen tekemään valvomo-ohjelman itse. Ohjelmoinnin päätin tehdä Microsoftin Visual Basicilla. Visual Basicin valintaan vaikutti seuraavat asiat:

Jyväskylän ammattikorkeakoulun Tekniikan ja liikenteen osastolta löytyi sekä asiantuntemusta, että malliohjelmia kyseisenlaiseen kommunikointiin Omronin logiikan ja Visual Basicin välillä.

Visual Basicin tunnettavuus helpottaa ohjelmamuutosten tekemistä muiden henkilöiden toimesta tulevaisuudessa.

Ohjelmoimalla valvomon itse, työn tilaajan ei tarvinnut maksaa lisenssiä valmisohjelmasta.

Prosessista syntyvän tietokannan päätin tallentaa tekstitiedostomuotoiseksi. Vaihtoehtoisesti olisin voinut käyttää esimerkiksi MS-Access:iin pohjautuvaa ratkaisua. Tekstitiedostomuotoisen tietokannan valitsin kuitenkin koska:

Järjestelmään hankittu pienoissääasema tallentaa Weatherlink ohjelmistonsa avulla tekstitiedostomuotoista tietokantaa säätilasta. Ohjelmistoihin ei kannata tehdä toisistaan poikkeavia tietokantatyyppejä ilman päteviä syitä.

Tekstitiedoston vieminen Exeliin on melko yksinkertaista (Liite 11, Käyttöohjeet)

### **6.3.1 Valvomon valmispaketit**

Valvomo-ohjelmien pohjaksi on olemassa erilaisia valmispaketteja. Näistä käytetään usein englanninkielistä termiä Human-Machine-Interface(HMI). Joskus törmää myöskin samaa tarkoittavaan termiin Man-Machine-Interface(MMI).

Tämänkaltaisesta valmiskäytöstä täytyy maksaa lisenssi. Alla on lyhyet kuvaukset kahdesta tunnetusta valvomopohjasta:

#### **InTouch**

Ensimmäinen HMI, joka on suunniteltu WindowsXP käyttöjärjestelmälle. Vuoteen 2003 mennessä WonderwareN InTouch HMI oli asennettu maailmanlaajuisesti yli 200000 sovellukseen. InTouch ohjelmisto on mahdollista asentaa useiden valmistajien PLC-laitteiden päälle. Ohjelmisto linkittyy automaation laitteisiin I/O- ja OPC-servereillä, eli pienillä ohjelmilla jotka huolehtivat tiedonsiirrosta automaatiolaitteen ja InTouch ohjelmiston välillä. Ohjelmistovalmistajan mukaan I/O- ja OPC-serveri valikoima on hyvin laaja. InTouch kerää historiatietoa IndustrialSQL-Server ohjelmistoon. Wonderware suosittelee InTouch 9.0 ohjelmistoa varten 1.2 GHz Pentium III-prosessoria tai uudempaa, 512 MB muistia ja 2 GB kovalevytilaa. (Wonderware InTouch 9.0 Data Sheet. 2004.)

#### **WinCC**

Tunnetun automaatiovalmistajan Siemensin oma HMI-ohjelmisto. Myös WinCC:lle löytyy runsaasti ”liitäntäkanavia”(communication chanel), joilla ohjelmisto voidaan linkittää muuhun automaatioon. WinCC:n tiedonkeruu perustuu ”Microsoft SQL Server 2000” tietokantaan.

Molempien HMI-ohjelmistojen ominaisuuksiin kuuluu siis integroitu tietokanta. Tämä helpottaa suuresti ohjelmointityötä kerätyn datamäärän kasvaessa. Lisäksi trendikäyrien piirtäminen onnistuu helposti. (SIMATIC WinCC Process Visualization and Platform for IT & Business Integration. 2004.)

## **6.4 Kenttäväylä**

Kenttäväylä on automaatiossa viime vuosina yleistynyt ratkaisu. Kenttäväylän avulla olisi voitu rakentaa järjestelmä, jossa logiikka olisi kommunikoinut kentällä olevien laitteiden kanssa erillisen väylän kautta, eli tällä ratkaisulla kaikki analogiset ja digitaaliset viestit olisi voitu korvata yhdellä kenttäväylällä. Kenttäväylän viemisen logiikalta kentälle sivuutin, koska:

Ympäristöolosuhteiden, kuten pakkasen vuoksi, oli tarpeen rajoittaa elektroniikka kentällä. Kenttäväylä olisi vaatinut kentälle erillisen I/O – yksikön, josta olisi aiheutunut lisäkustannuksia.

Viestimäärä logiikan ja kentän välillä oli sen verran pieni, että tarvittava informaatio saatiin siirrettyä analogisina viesteinä. Mikäli kentällä olisi ollut useampia antureita, kenttäväylä olisi ollut hyvä ratkaisu, koska logiikkaan liitettävät analogiakortit ovat melko kalliita.

## **6.5 Antureiden ja lähettimien valinta**

### **Lämpötilanmittaus**

Lämpötilan mittaukseen valitsin PT-100 tyyppiset anturit. Anturit ovat erittäin yleisiä ja hyviksi havaittuja teollisuuskäytössä. PT100–antureille tarvittiin myös lähettimet. Vaihtoehto lähettimille olisi ollut logiikkaan kytkettävä PT100 - tuloyksikkö. Mikäli valitsemaani logiikkaan olisi kytketty edellä mainittu PT100 – tuloyksikkö, logiikkaan ei kuitenkaan olisi voitu kytkeä kuin ainoastaan yksi analogiayksikkö. Näin ollen logiikkaan ostettiin yksi analogiayksikkö PT100-lämpötilamittauksia varten. Yksi Omronin MAD-11 analogiayksikkö sisältää kaksi analogiatuloa, joten yksi analogiayksikkö riittää kahdelle PT-100 anturille.

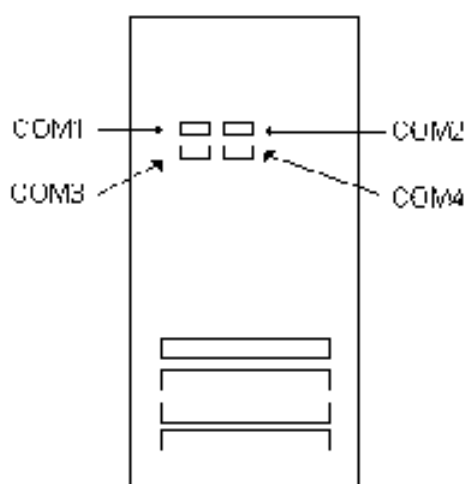
### 6.5.1

#### Kosteudenmittaus

Kosteudenmittaukseen valitsin Vaisalan HMP-237 tyyppiset lähettimet. Eli samaan kokonaisuuteen kuuluu sekä anturi, että lähetin. Lähettimien käyttöalue oli laaja, 30 – 120°C. Tämä oli tärkeää, koska lähettimet ovat ulkona talvipakkasella, sekä kesällä helteellä kuuman pellin alla. Lähettimet antavat kosteustiedon grammoina per kilogramma kuivaa ilmaa. Näin saimme tutkittua suoraan kuinka monta grammaa kosteutta materiaalista poistuu kullakin hetkellä. HMP – 237 anturit antavat myös lämpötilan analogisena viestinä.

Vaisalan HMP 237 lähettimet antavat virtaviestilähdöt logiikalle. Virtaviestilähtöjen lisäksi lähettimiltä saadaan informaatiota RS-232 sarjaväylän avulla. RS-232 väylän rakenteen vuoksi kukin HMP-237 lähetin vaatii oman kaapelin ja sarjaportin valvomon PC:ltä. Vaisalan HMP237-1 anturi on kytketty valvomotietokoneen sarjaporttiin Com3. HMP237-2 on kytketty porttiin Com4. Sarjaportit tietokoneen takana sijoittuvat kuvan 8 mukaisesti.

PC: takaa kuvattuna



KUVA 8. Sarjaporttien sijainnit valvomotietokoneessa

Lähettimien kalibrointi ja mitta-alueiden skaalaus onnistuu noudattamalla valmistajan laatimaa käyttöohjetta. Kyseinen käyttö-ohje löytyy valvomosta, tai Vaisalan internet-



sivuilta, osoitteesta <http://www.vaisala.com>. Kalibrointi ja skaalaus voidaan tehdä esimerkiksi Windowsin HyperTerminal – ohjelmalla.

Ohjelmiston mahdollista uudelleenasetusta varten tein ”Monikäyttökuivurin automatisointi” - nimisen CD-levyn. Kyseisen levyn kansioon ”Kuivuri/Vaisalan anturit/” tein kuvakkeet Vaisala1.ht ja Vaisala2.ht, joita klikkaamalla yhteys lähettimille muodostuu ilman väyläasetusten asettelua. Samasta kansioista löytyy myös kaikki antureiden asetusarvot, sekä antureille asetetut mitta-alueet.

## 6.5.2

### Sää-asema

Koska pienoissääasema ei ollut kovin kallis ja sen avulla katsottiin saatavan paljon hyödyllistä tietoa ympäristön säätilan vaikutuksista kuivausprosessiin, hankimme Davis:n valmistaman Vantage Pro sää-aseman. Sääasema kytketään valvomotietokoneeseen sarjakaapelilla, eli tätä varten tietokoneelta piti varata yksi sarjaportti. Vaihtoehtoisesti sää-aseman olisi voinut tilata USB-liitännällä. Kuvassa 9 on sää-aseman näyttölaite, ja kuvassa 10 on sää-aseman anturiosa.



KUVA 9. Sääasema, näyttölaite.



KUVA 10. Sääasema, anturit.

## **Virtauksen mittaus**

Prosessin ilmapvirtauksen mittaamiseksi suunnittelin aluksi logiikkaan liitettävää virtausanturia. Anturi olisi ollut tyypiltään paine-eronmittaukseen perustuva tai mekaanisesti pyörivä anturi. Anturia varten olisi kuitenkin jouduttu rakentamaan useita metrejä pitkä putki, jossa virtaus olisi tasoittunut riittävän laminaariseksi. Tämänlainen putki olisi kuitenkin vienyt aivan liikaa tilaa, joten jouduin luopumaan erillisestä virtausanturista. Virtauksen mittaamiseen ajattelimme kuitenkin kokeilla sääaseman tuulen mittaukseen tarkoitettua anturia. Sijoittamalla tuulimittarin kuivurin poistoilmaputkeen voitaisiin pienen tutkimuksen jälkeen saada selville onko tuulianturin tarkkuus kyseissä paikassa riittävä prosessin tutkimiseen. Tuulianturin toimivuuden testaamisen voisi tehdä käsikäyttöisellä virtausmittarilla.

Tarkoituksena oli joka tapauksessa hankkia käsikäyttöinen virtausmittari. Valvomo-ohjelmaan tein ruudun, johon kuivuria käyttävä henkilö voi kirjata mittaamansa virtauksen aina tarvittaessa.

## **6.6 Sähkö-/ logiikkakeskus**

Kuivuriin hankitut elektroniikka- ja sähkölaitteet koottiin samaan koteloon. Edellä mainittua kokonaisuutta kutsun tässä opinnäytetyössä sähkökeskukseksi. Kyseinen sähkökeskus on kuvassa 11. Koska kuivuri sijaitsee alueella jossa tiedettiin olevan runsaasti häiriöitä sähköjakelussa, logiikka suojattiin ukonilmalta ylivirtasuojalla. Verkkovirrassa tapahtuvien häiriöiden poistamiseksi logiikanvirtalähteen ja verkkovirran väliin kytkettiin verkkosuodin. Automaation valmistuttua huomattiin sähköjakelussa olevan niin paljon häiriöitä, että valvomon PC:ltä hävisi virrat useita kertoja viikossa. Tämän vuoksi tietokonetta varten hankittiin UPS - laite, joka pitää tietokoneen toiminnassa sähköverkossa esiintyvien jännitevaihteluiden ja sähkökatkosten aikana.



KUVA 11. Logiikka- /sähkökeskus.

#### 6.6.1

### 6.7 Kulutuslaiteluettelo

Ennen sähkötöiden rakentamista ja virtalähteen kytkemistä täytyi arvioida sähkön kulutus. Sähkölaitteiston tehonkulutuksen kokosin taulukkomuotoon. Taulukkoa 1 tarvittiin vahvavirta töiden rakentamiseksi. Taulukon 2 perusteella pystyin valitsemaan virtalähteen logiikka- /sähkökeskukseen.

TAULUKKO 1. Tehonkulutus, vahvavirta.

Pos. nro	Kpl	Nimitys	Tehon kulutus
Puhallin	1	Puhallin	2.2 kW
PC	1	Valvomon tietokone	300W
WeatherS	1	Sää asema	alle 100W, kaikkien antureiden kanssa

Yhteensä			2.6 kW
----------	--	--	--------

TAULUKKO 2. Tehonkulutus, heikkovirta.

Pos. nro	Kpl	Nimitys	Tehon kulutus
PLC	1	Ohjelmoitava logiikka-yksikkö	20 W
Analogia- yksikkö	3	Analogiayksikkö	1 W
PT100	2	PT100 tulo- yksikkö	1 W
Hmp237	2		4 W  24 V, enint 170mA

Yhteensä			33 W
----------	--	--	------

## **7 KUIVURIN TOIMINTA JA LAITTEISTON SIJOITUS**

Liitteessä 1 on Putkisto ja instrumenttikaavio kuivurista. Liitteessä on kerrottu kuivurin toiminta pääpiirteittäin. Myös liitteen 4 automaation toimintadiagrammit auttavat ymmärtämään kuivurin toimintaa. Liitteessä 2 on kuva laitteiston sijoittelusta Bioenergia keskuksen piha-alueelle. Valvomo sijoitettiin työmaakoppiin, joka taas sijoitettiin suojaan ulkoilmalta autokatokseen. Kuivuri on sijoitettu niin, että päälämmönkerääjä suuntautuu etelään. Kuivurin eteen pihalle on mahdollista rakentaa lisälämmönkerääjä. Liitteestä 3 näkee kuivurin ja valvomon välillä liikkuvan viestiliikenteen. Automaatiolaitteiden kytkentäkaaviot on liitteessä 5 ja automaation kustannusarvio liitteessä 6. Kuivurin käyttö-ohjeet löytyvät opinnäytetyöni lopuksi liitteestä 11.

## **8 TYÖTURVALLISUUS**

Työturvallisuuden vuoksi kuivuriin asennettiin kolme hätä - seis katkaisijaa. Puhaltimen vireen asennettu hätä – seis katkaisija suojaa huoltotyötä tekevän henkilön äkilliseltä puhaltimen käynnistymiseltä. Lisäksi kaksi hätä – seis kytkintä on sijoitettu näkyville paikoille kuivurin kylkeen ja valvomoon arvaamattomien vaaratilanteiden, kuten tulipalon, varalta.

Tämän lisäksi kuivurin huoltotilan oveen laitettiin varoituskyltti automaattisesti käynnistyvästä laitteesta. Varmuudenvuoksi huoltoluukku pidetään aina lukittuna.

## 9 TYÖN ANALYSOINTI

### 9.1 Kokoonpanomallin valinta

Jälkeenpäin ajateltuna Sarjakaapeli - kokoonpanomalli oli juuri oikea valinta.

Erityisesti se että siirrettävä datamäärä logiikan ja valvomon välillä kasvoi yllättävän suureksi, olisi saattanut aiheuttaa ongelmia langattomissa versioissa.

### 9.2 Ohjelmointityö

Ohjelmointityötä oli kahden ohjelmakokonaisuuden verran; yksi ohjelma valvomon toimintoihin ja toinen ohjelma logiikkaa varten. Eli ohjelmointityötä oli sekä Microsoftin Visual Basicilla, että Omronin Syswin3.4 ohjelmointityökaluilla. Syswin-ohjelmointiohjelmalla ohjelmointi voidaan tehdä relekaaviona, logiikkakaaviona tai käskylistana. Ohjelmointityö oli haastava ja mielenkiintoinen osuus opinnäytetyössäni. Matematiikan taitoja tarvitsin ohjelmointi-projektissa useasti. Esimerkiksi kahden samantyyppisen anturin mittausalueiden ollessa erilaiset, tuli eteen tilanne, jossa mittautietoja tuli verrata keskenään skaalaamalla analogiatulot vastaamaan toisiaan. Myös heksa- ja binääri- lukumuunnoksia tarvitsin useasti. Omronin HostLink kommunikoinnista pitää sanoa, että se on mielestäni varsin hyvä ja käytännöllinen tapa kommunikoida logiikan ja valvomon välillä, ainakin VisualBasicin kanssa.

Ohjelmakoodit pyrin tekemään askeltavalla ohjauksella. Askeltavalla ohjauksella tietyt toimenpiteet suoritetaan järjestyksessä. Askeltavaohjaus tekee ohjelmasta selkeämmän ja ohjelman toimintaa on helpompi seurata. Askeltavan ohjelman kuvaamiseen ja ohjelmoinnin apuna voi käyttää standardin SFS-IEC 848 mukaista toimintadiagrammia. Opinnäytetyöhöni tekemäni toimintadiagrammit ovat liitteessä 4. Ohjelmien toiminnan ymmärtämistä varten tein lisäksi liitteen 6 mukaisen kaavion, jossa on kuvattu käyttämäni muuttujat. Ohjelmia varten tehdyt aputaulukot auttavat ymmärtämään ohjelmien rakennetta ja toimintaa jälkeenpäin. Myös itse ohjelmakoodin yhteyteen kannattaa kirjoittaa runsaasti tekstiä havainnollistamaan ohjelman toimintaa.

### **9.3 Laitteiston valinta**

Laitteistoa valittaessa vastaan tulee helposti ”runsaudenpula”. Erilaisia antureita ja automaatiolaitteita löytyy markkinoilta todella paljon. Suunnittelijan täytyy pystyä valitsemaan paras ratkaisutapa, pysyä siinä ja lähteä valitsemaan siihen sopivia laitteita. Logiikan kaikki analogiatulot tulivat projektin kuluessa yllättäen täyteen. Eli jälkeinpäin ajateltuna laajennusvaraa olisi pitänyt varata runsaammin. Mikäli järjestelmän laajentamiselle tulee tarvetta, olen kuitenkin tehnyt lukuun ”9.6 Järjestelmän laajennus” ehdotuksia, joiden perusteella automaatiojärjestelmään saadaan kytkettyä lisäantureita.

### **9.4 Ympäristötekijät**

Projektissa oli mukana useita ympäristön kuormituksen kannalta erinomaisia asioita, kuten luonnonmukaisen energialähteen käyttö. Kuivausilman lämmitysenergia pyritään prosessissa keräämään tehokkaasti aurinkoenergiasta. Kylmällä säällä lisälämpöä on tarkoitus kerätä muista bioenergialähteistä. Myös materiaalin käytössä luonnonvaroja ei kulutettu suuresti. Kuivurin runko on rakennettu vanhasta merikontista, valvomo rakennettiin taas vanhaan työmaakoppiin. Myös valvomotietokoneeksi valitsin käytetyn Pentium-prosessorilla varustetun PC:n. Lisäksi valvomon sijoitus aivan prosessin viereen mahdollisesti sen, ettei piha-alueelle tullut esteettisesti rumia kaapelinippuja.

### **9.5 Langaton tiedonsiirto**

Kuivurista oli työn tilaajan taholta toive saada tiedot vietyä Bioenergia keskuksen luokkatiloihin analysoitaviksi. Ensimmäiseksi tiedonsiirto välineeksi valitsin muistitikun tai vaihtoehtoisesti perinteisen levykkeen. Muistitikkua varten valvomon PC:hen tulisi kuitenkin asentaa lisäkortti USB-väylää varten. Vaihtoehtoisesti valvomo voitaisiin verkottaa kannettavaan tietokoneeseen. Verkkokortti olikin jo valmiiksi valvomon tietokoneessa.

Mikäli valvomo PC:hen liitetään GPRS – modeemi, dataa voitaisiin lähettää langattomasti valvomosta esimerkiksi Bioenergia keskuksen luokkatiloihin. Tämän



jälkeen valvomon keräämä tieto voitaisiin ehkä myös kerätä vaikkapa nettisivuille. Tietysti langattomuus voitaisiin toteuttaa myös WLAN – verkon avulla.

## **9.6 Järjestelmän laajennus**

Analogia lähtöjä järjestelmässä on vapaana kaksi kappaletta. Sen sijaan analogiatulojen lisäämiseksi järjestelmään tarvitsee tehdä muutoksia. Tutkittaessa logiikan lähtöjä huomataan lähdoilla olevan erillisiä COM-alueita. Näiden avulla on mahdollista suunnitella hätä-seis pysäytykset niin että joihinkin laitteisiin jää jännite. (Fonselius, ym. 1996, 110.) Projektin tässä vaiheessa ei ole kuitenkaan ilmennyt tarvetta kyseisten COM-alueiden käytölle.

### **Ohjelmistojen kehittäminen**

Kuivauksen tehokkuuden optimoimiseksi järjestelmää voisi kehittää lisäämällä ohjelmakoodiin ominaisuuden, joka säätäisi pyörimisnopeutta. Sääto kannattaisi ohjelmoida logiikkaan, jotta järjestelmä pysyisi vakaana. Mikäli sää-aseman tiedot haluttaisiin ottaa huomioon pyörimisnopeutta säädettäessä, tulisi ne lähettää valvomosta logiikalle. Tämä onnistuisi helpoimmin muokkaamalla valvomo.exe -ohjelmaa.

Ohjelmointityön avulla olisi myös mahdollista kerätä logiikan muistiin anturitietoja pidemmältä ajalta, jolloin kerätty informaatio säilyisi logiikan muistissa tietokoneen mahdollisesti kaatuessa. Mikäli tietokone kuitenkin pysyy vakaana, ei edellä mainitulle informaation välitalennukselle ole tarvetta.

Myöskin "kuvapankki", josta käyttäjä voisi vaihtaa valvomon päänäytön taustakuvia olisi hyödyllinen, koska kuivurin rakenne kehittyy ja anturit vaihtelevat paikkaa tutkimuksen mukaan.

### **Analogiatulojen lisäys**

Helpoin tapa saada analogiatuloja vapaaksi on poistaa Vaisalan HMP 237 antureiden analogiset lämpötilatulot. Tällöin kyseiset tulot tulisi siirtää valvomoon sarjakaapeleiden kautta. Kyseiset kaapelit on jo asennettu. Muutos vaatii ainoastaan ohjelmointityötä. Oikeastaan vain kosteustiedot ovat aivan välttämättömiä kytkeä

suoraan logiikkaan, koska niiden perusteella prosessia ohjataan. Hieman hankalampi tapa lisätä analogiatuloja järjestelmään olisi Multiplexerin käyttö. Multiplexerin avulla analogiatulo jaetaan useammalle mitattavalle suurelle ja tieto käydään lukemassa vuoronperään kustakin mittauksesta.

### **Pyörimissuunnan muutos**

Puhaltimen pyörimissuunta voidaan vaihtaa kytkemällä ohjaussignaali taajuusmuuttajan monitoimituloon S2. Näin ollen helpoiten pyörimissuunta voidaan vaihtaa vaihtamalla taajuusmuuttajan S1 liittimeen tuleva johdin liittimeen S2. Mikäli pyörimissuuntaa halutaan vaihdella useammin kannattaa logiikan digitaalitylölta kytkeä johdin taajuusmuuttajan tuloon S2. Kyseinen kytkentä on piirretty liitteestä viisi löytyvään taajuusmuuttajan kytkentäkaavioon. Tämän jälkeen logiikka voidaan ohjelmoida valitsemaan pyörimissuunta. Pyörimissuunnan valitsemiseksi olisi hyvä liittää sähkökeskukseen kytkin, tai ohjelmoida pyörimissuunnan muutos valvomön kautta.

### **Lämmitetyn ilman kierrätys**

Kuivurissa kierrätettävän ilman säätämiseksi järjestelmään voisi lisätä moottorin ohjaamaan kierrätysilmaluukun sulkeutumista ja avautumista. Mikäli laitteistoon halutaan lisätä moottori ohjaamaan kierrätettävän ilman määrää, logiikkaan on varattu tarvetta varten vapaa analogialähtö ja digitaalitylötöjä.

Mikäli lämmitettyä ilmaa halutaan kierrättää, poistoilman putki tulisi pystyä sulkemaan. Hannu Vilkkilä on suunnitellut tarpeeseen sopivan mekaanisen ratkaisun, joka perustuu sähkömagneetin käyttöön. Ohjaukseen voisi käyttää logiikan vapaita lähtöjä.

### **Lisälämmitys**

Mikäli prosessiin halutaan lisätä jokin lämmityslaite, logiikkaan on varattu tarvetta varten analogialähtö ja digitaalitylötöjä.

# LÄHTEET

Aaltonen, Airila, Andersin, Ekman, Kauppinen, Liukko, Pohjala. 1992.  
Tuotantoautomaatio.

Control Express Oy. [Viitattu 4.4.2005.]  
<http://www.expressfinland.com/cef/fin/teollisuuspc.asp>.

Fonselius, Pekkola, Selosmaa, Ström, Välimaa. 1996. Automaatiolaitteet.

Klinkmannin mainosesitteet, 2004.

Markku Järvenpää, Kari Kivinen. Kylmäilmakuivausopas.

Olli Majander. PIC-mikrokontrollerit. [Viitattu 14.5.2005.] MBnet.  
<http://www.mbnet.fi/rakentelunurkka/perusteet/osa6.asp>.

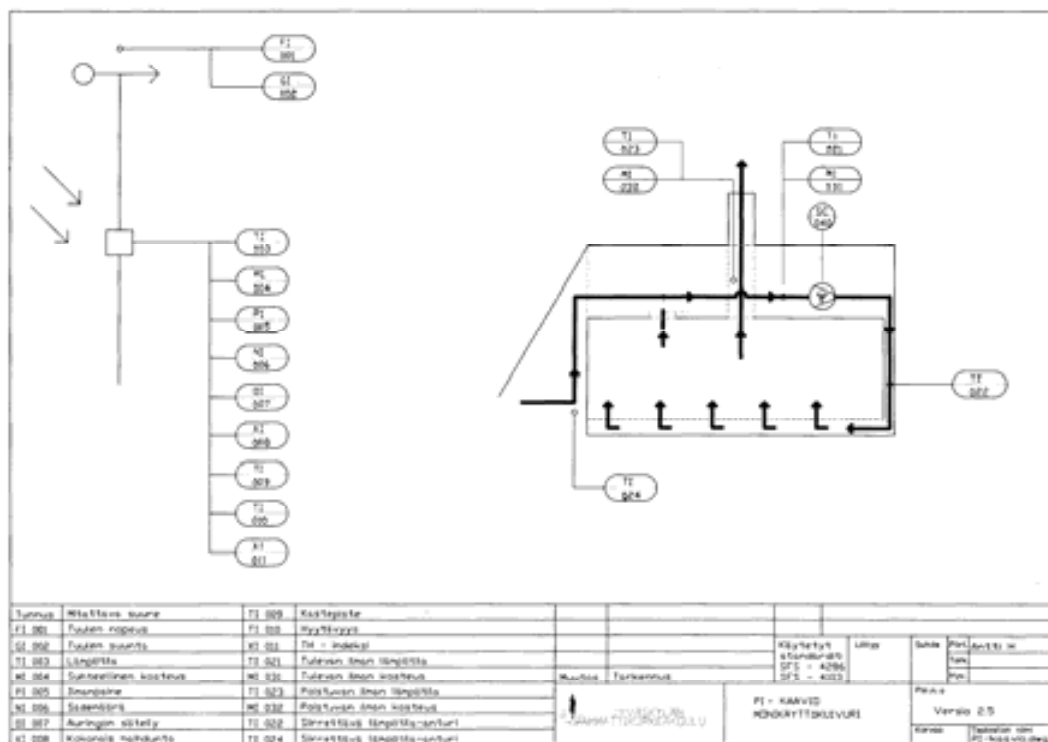
SIMATIC WinCC Process Visualization and Platform for IT & Business Integration.  
2004. [Viitattu 1.3.2005.] Siemens.  
[http://www2.automation.siemens.com/hmi/html\\_76/pdf/doku/kb\\_wincc\\_overview\\_e.pdf](http://www2.automation.siemens.com/hmi/html_76/pdf/doku/kb_wincc_overview_e.pdf).

Vesa Volotinen. 2000. Digitaalitekniikka.

Wonderware InTouch 9.0 Data Sheet. 2004. [Viitattu 1.3.2005.] Wonderware.  
[http://dominoext.wonderware.com/PublicWWR5/PromoCol.nsf/wwbrochure/BA0869D47932383888256ED10033C5EC/\\$file/it9\\_ds\\_r4.pdf](http://dominoext.wonderware.com/PublicWWR5/PromoCol.nsf/wwbrochure/BA0869D47932383888256ED10033C5EC/$file/it9_ds_r4.pdf).

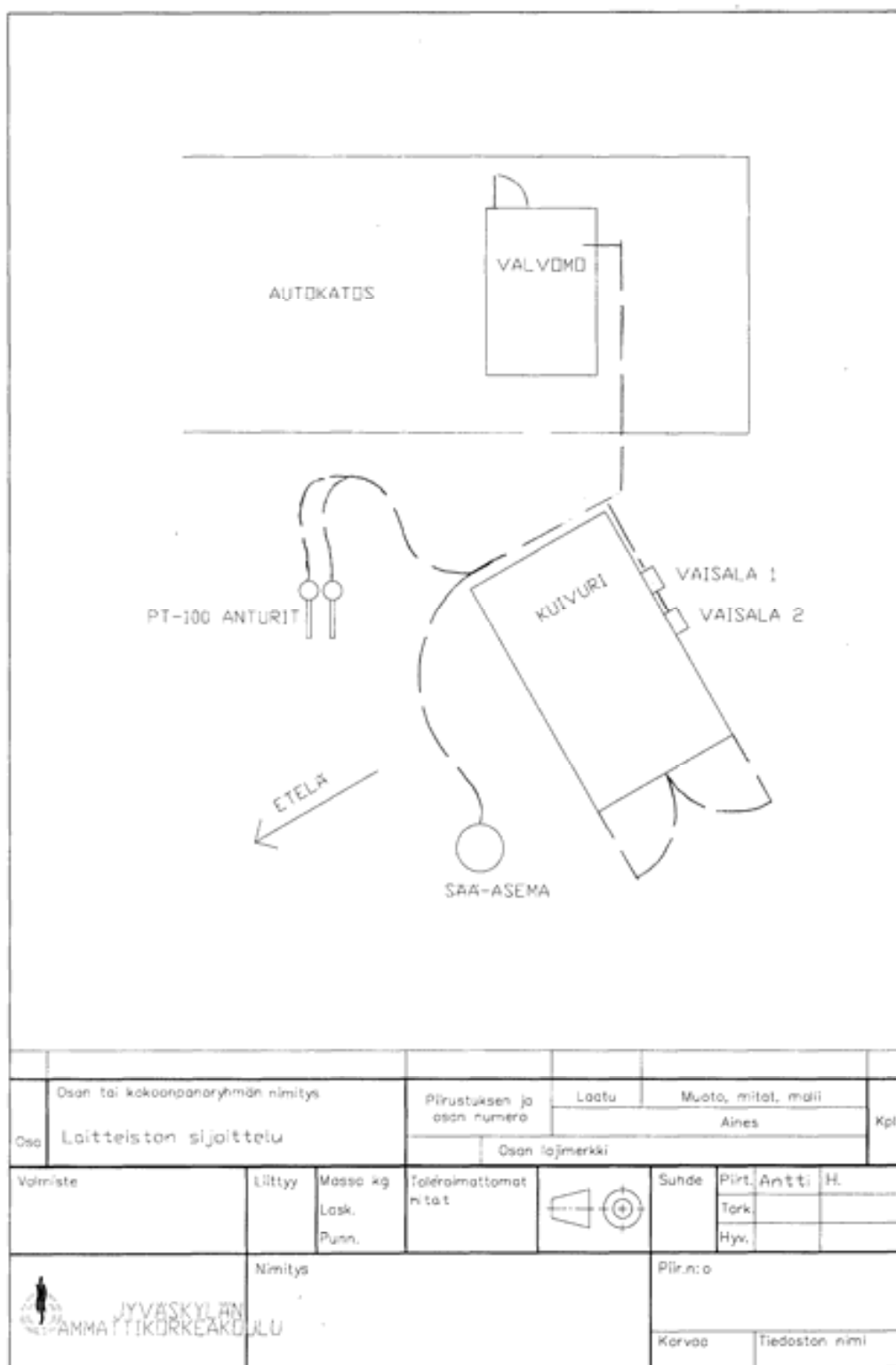
# LIITTEET

## Liite 1. PI-kaavio ja kuivurin toimintaperiaate.



PI-kaavion vasemmassa reunassa on sää-asema ja sieltä saatavat viestit. Oikeassa reunassa on monikäyttökuivuri ja siitä kerättävät viestit. Ilma kiertää kuivurissa kaavion mukaisesti. Kuivauksessa käytettävän ilman tutkiminen aloitetaan lämpötilamittauksella (TI024), eli ensiksi mitataan kuivuriin tulevan ilman lämpötila. Seuraavaksi mitataan lämpötila ja kosteus (TI021 & MI021) lämmönkerääjän jälkeen. Mittauksella TI022 voidaan tutkia lämpötilaa halutusta prosessin paikasta. Lopuksi tutkitaan poistuvan ilman lämpötila ja kosteus (TI023 & MI 032). Kaiken saadun informaation perusteella ohjataan puhaltimen pyörimisnopeutta (SC040).

## LIITE 2. Layout laitteiston sijoittelu



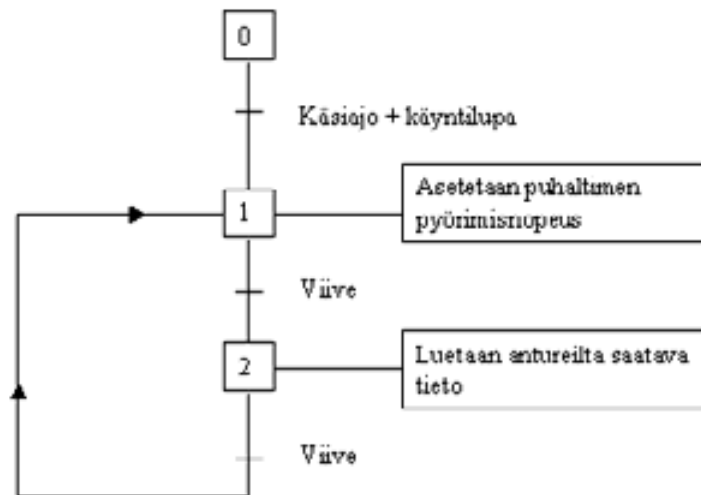
### LIITE 3. Viestit

Seuraavasta taulukosta löytyy prosessin viestit.

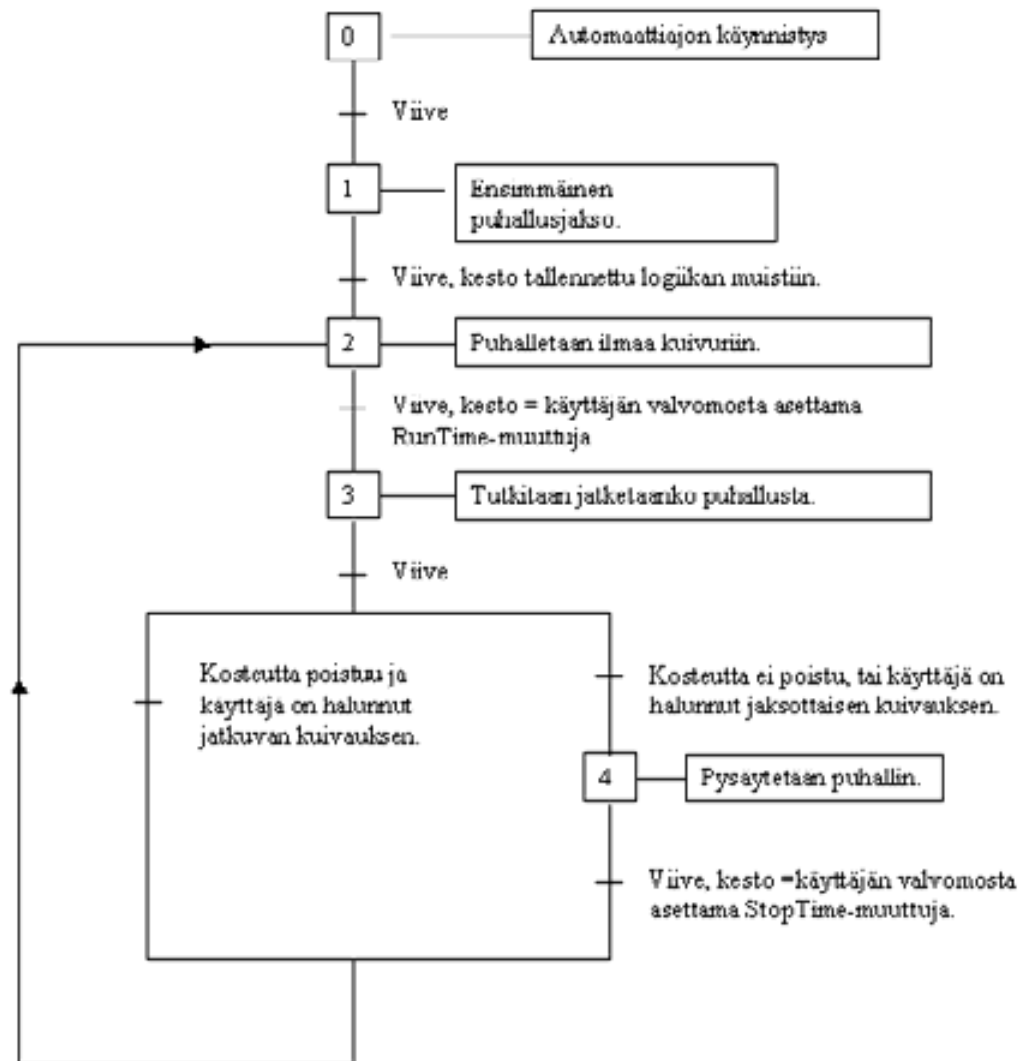
Laite	Viesti	Viestin tyyppi	Kommentti
Hmp237 – 1			Kosteus - / lämpötila - lähetin
	TE021	Analoginen tulo	Lämpötila
	ME031	Analoginen tulo	Kosteus
Hmp237 - 2			Kosteus - / lämpötila - lähetin
	TE022	Analoginen tulo	Lämpötila
	ME032	Analoginen tulo	Kosteus
PT100 anturit			Lämpötila anturi
	TE023	Analoginen tulo	Lämpötila
	TE024	Analoginen tulo	Lämpötila
Vantage Pro			Pienoissääsese
	FE001	RS-232	Tuulen nopeus
	X1E002	RS-232	Tuulen suunta
	TE003	RS-232	Lämpötila
	ME004	RS-232	Suhteellinen kosteus
	PE005	RS-232	Ilmanpaine
	X2E006	RS-232	Sademäärä
	X3E007	RS-232	Auringon säteily
	X4E008	RS-232	kokonaishaihdunta
	TWE009	RS-232	Kastepiste
	X6E010	RS-232	Hyytävyys
	XTE011	RS-232	TH - indeksi
Omron			Taajuusmuuttaja; Omron VS Mini J7, Sysdrive 3G3JV
	Forward	Digitaalinen lähtö	Käskey pyörittää puhallinta eteenpäin
	SC040	Analoginen lähtö	Puhaltimen ohjaus

## LIITE 4. Logiikan toimintadiagrammit

Logiikan toimintadiagrammi: kasiajo



# Logiikan toimintadiagrammi: Automaattiajo

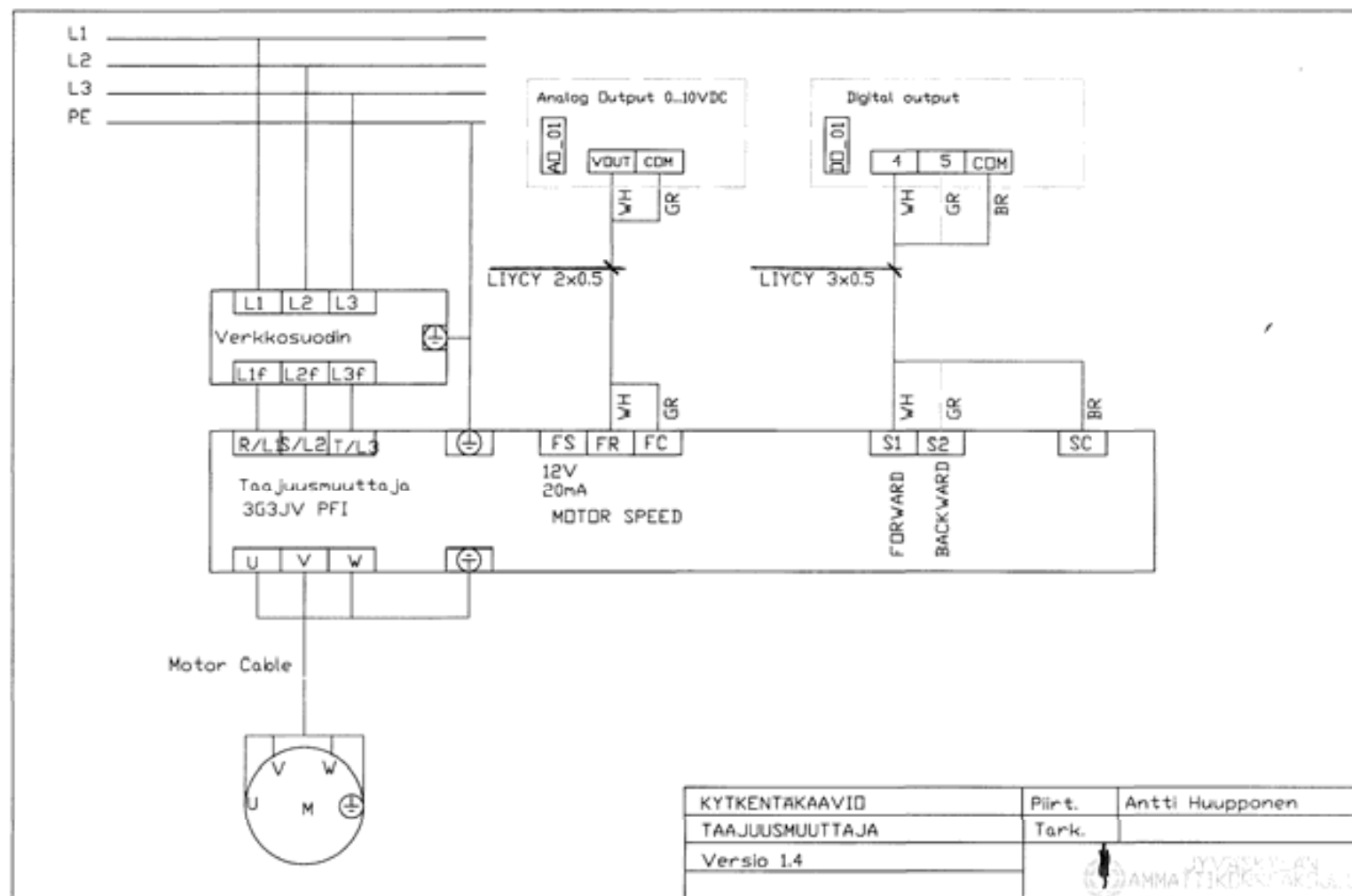


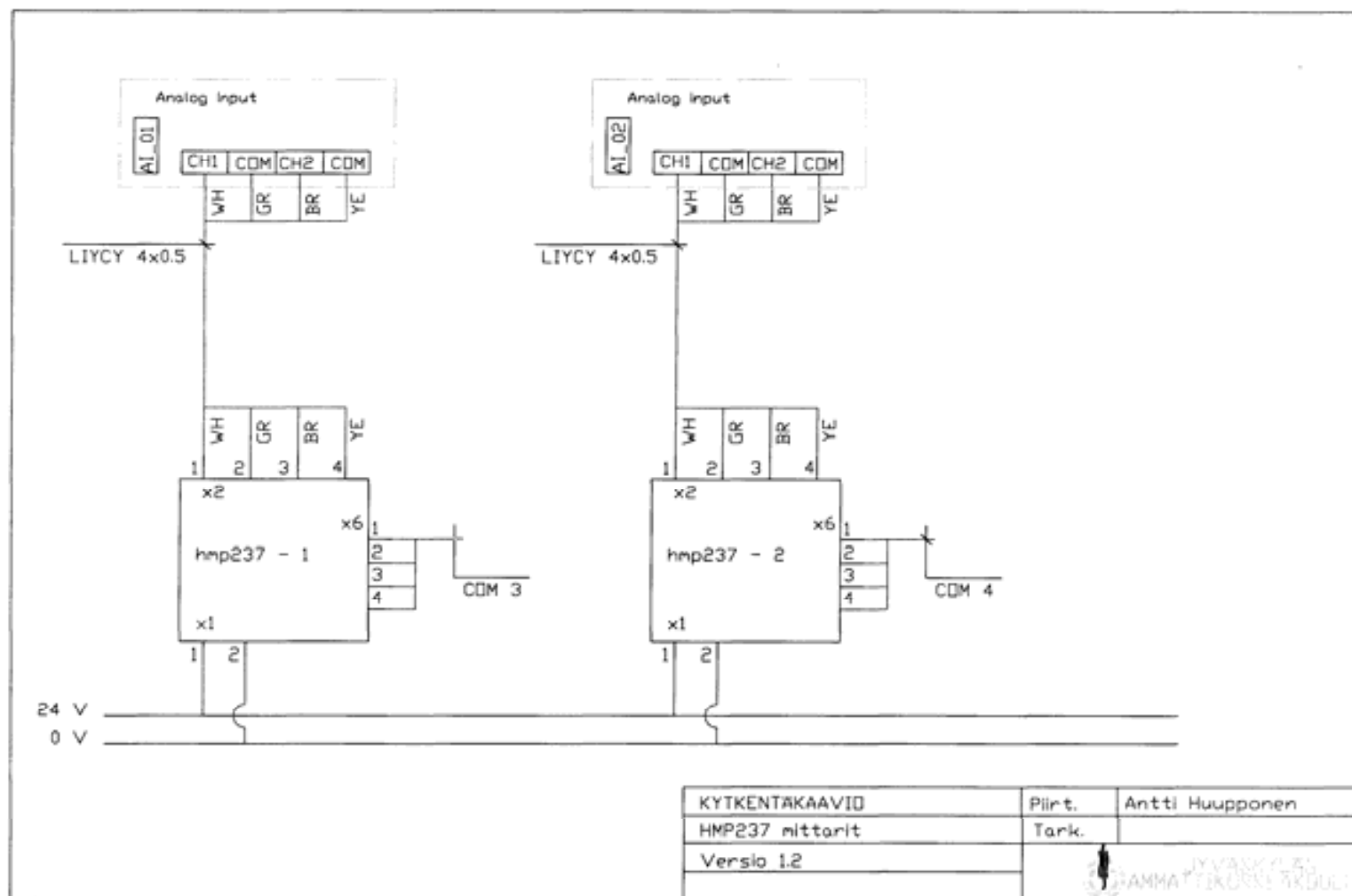


## **LIITE 5. Kytkenäkaaviot**

Ensimmäisessä kuvassa näkyy logiikan I/O-kytkennät. Seuraavalla sivulla on taajuusmuuttajan kytkennät. Logiikan digitaalilähdeltä DI5, taajuusmuuttajan monitoimituloon S2 tulevaa liitintä ei ole kytketty kuivurin asennusvaiheessa. Lisäsin kyseisen kytkennän kuitenkin taajuusmuuttajan kytkenäkaavioon, koska puhaltimen pyörimissuunnanmuutokselle ilmeni tarvetta asennuksen jälkeen. Liitteen viimeiseltä sivulta löytyy HMP 237 mittareiden kytkenäpiirustukset.







## LIITE 6. Kustannukset automaatiolaitteistosta

Automaatio tarvikkeet	kpl		hinta a	
1 Ohjelmoitava logiikkayksikkö	1	CPM2A-20CDR-D	545.73	545.73
2 Analogiavksiköt	3	CPM1A-MAD01	259.86	779.58
3 Hakkuriteholähde	1	S82K-05024	107.604	107.604
4 Syswin-kaapeli	1	Syswin liitvntäkapeli	47.946	47.946
5 PT100 vastusanturit	2	1R-4A-375/6-321-E400	75.64	151.28
6 PT100 anturin suoiaputki	2	S-B-350-0-316-12x2.5	96.38	192.76
7 Lämpötilalähetin	2	IPAO-L	154.574	309.148
8 Liitäntämutteri	2	12CMT8-316/mme	30.5	61
9 Taajuusmuuttaia	1	C1MR-J7AZ42P20	396.5	396.5
10 Verkkosuodin	1	3G3JV-PF13010-SE	73.2	73.2
				0
11 Kosteuslähetin	2	HMP237	1671.4	3342.8
12 Sääasema				2086.2
				8093.748

## LIITE 7. Muistipaikat ja muuttujat

Ohjelmointityön helpottamiseksi tein taulukon logiikan muistista, ja sinne sijoittamistani muuttujista. Sarakkeiden otsikkoina olevat HR11 – HR18 ovat logiikan paristovarmennuttaja muistipaikkoja, joihin olen tallentanut prosessin ohjausarvoja. Sarakkeet RR00-RR06 sisältävät prosessista kerättyä informaatiota.

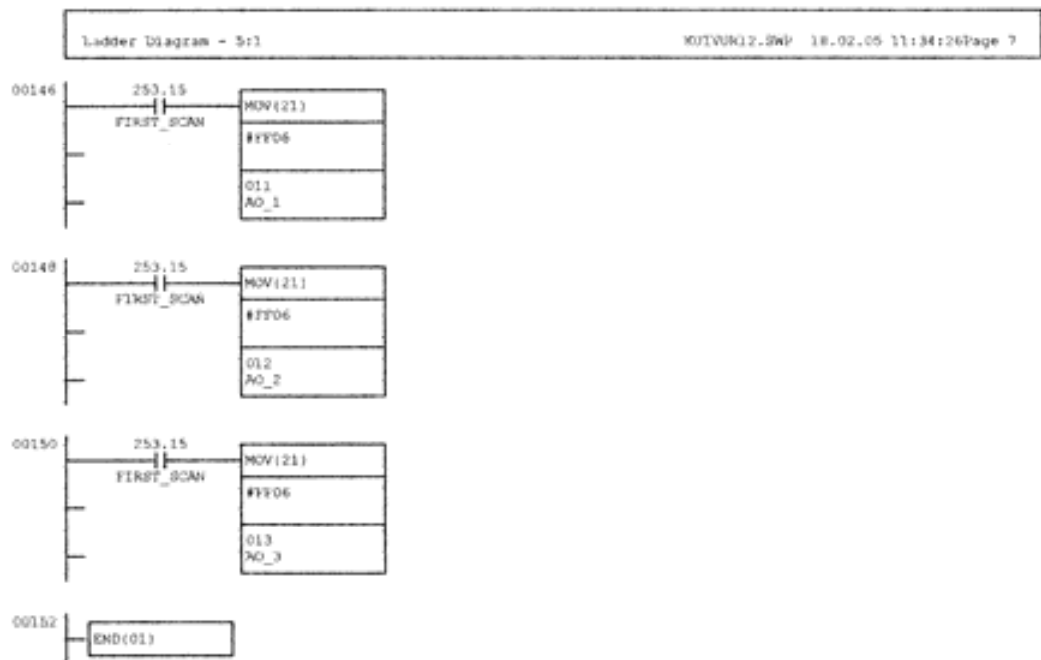
Taulukko1. Logiikan muistipaikat ja niitä vastaavat valvomo-ohjelman muuttujat.

Logiikan ohjaustiedot, HR muisti	HR11	HR12	HR13	HR14	HR15	HR16	HR17	HR18
Valvomo-ohjelman muuttuja	0 0 AUTO	0 0 MANU	0 0 RunTime	0 0 StopTime	AutoOnTime	AutoOffTime	Ajotapa	Vaarditusehokkuus

Analogia tulot, RR muisti	RR001	RR002	RR003	RR004	RR005	RR006		
Valvomo-ohjelman muuttuja	TI021	ME031	TI023	ME032	TI022	TI024		

## LIITE 8. Syswin3.4 ohjelmointiesimerkki

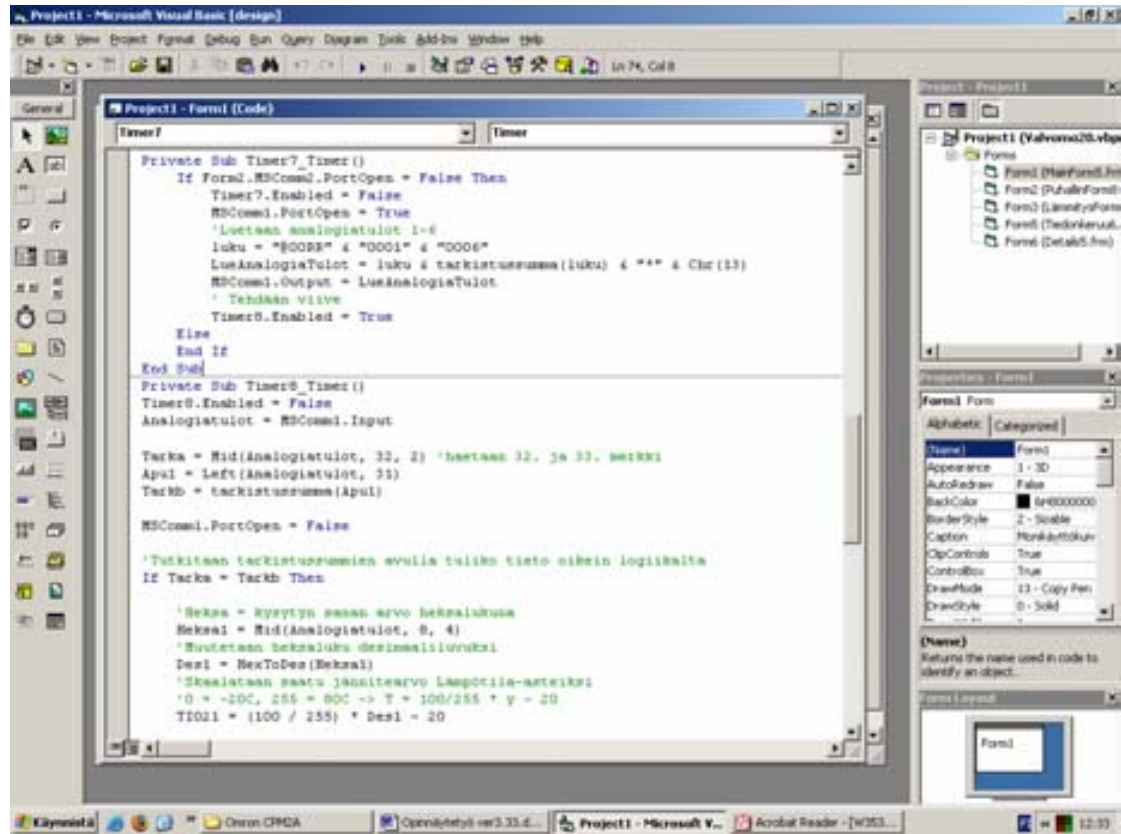
Liitteen relekaavio ohjelmapätkässä alustetaan analogiayksiköt Omronin Syswin3.4 ohjelmointiohjelmalla.



Sijoittamalla koodi "FF006" logiikkaohjelman ensimmäisellä syklillä analogiayksikön käyttämään lähtösanaan saadaan määritettyä analogiayksikön käytettävän viestin tyyppi (jännite/ virtaviesti) ja haluttu signaalin alue, esimerkin mukaisella toimenpiteellä voidaan käyttää standardivirtaviestejä 4..20 mA.

## LIITE 9. Valvomo-ohjelma

Valvomon ohjelman tein Visual Basic ohjelmointina. Alla on näkyvillä ohjelmointiympäristö.



Kuva 1. Visual Basic ohjelmointiympäristö



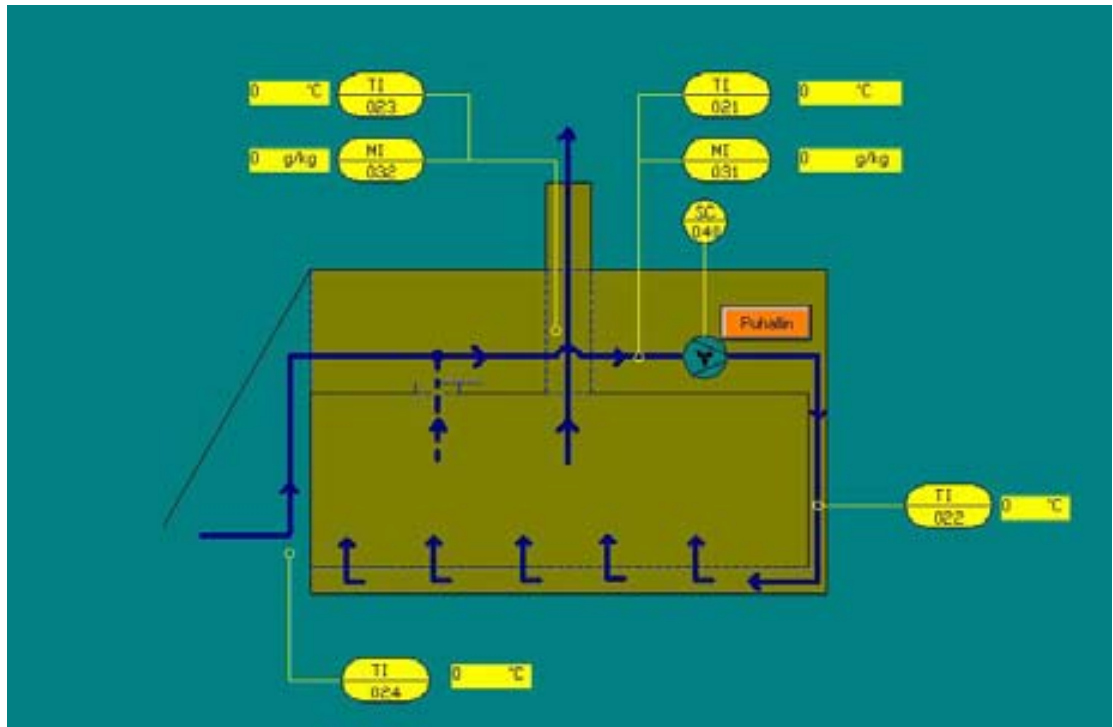
Alla olevassa kuvassa on esimerkkipätkä valvomon ohjelmakoodista. Esimerkissä valvomo-ohjelma lukee logiikalta analogiyksiköiden tulot, eli lämpötila mittaukset PT100 mittauksista ja lämpötilatiedot sekä kosteustiedot Vaisalan HMP237 lähettimiltä. Sisään tulevan ilman lämpötilan mittaustieto on logiikan muistipaikassa RR00, josta se luetaan tietokoneen muistiin muuttuunaan TI021.

```
Private Sub Timer7_Timer()  
    If Form2.MSComm2.PortOpen = False Then  
        Timer7.Enabled = False  
        MSComm1.PortOpen = True  
        'Luetaan analogiatulot 1-6  
        luku = "000RR" & "0001" & "0006"  
        LueAnalogiaTulot = luku & tarkistussumma(luku) & "" & Chr(13)  
        MSComm1.Output = LueAnalogiaTulot  
        ' Tehdään viive  
        Timer8.Enabled = True  
    Else  
        End If  
End Sub  


---

Private Sub Timer8_Timer()  
    Timer8.Enabled = False  
    Analogiatulot = MSComm1.Input  
  
    Tarka = Mid(Analogiatulot, 32, 2) 'haetaan 32. ja 33. merkki  
    Apu1 = Left(Analogiatulot, 31)  
    Tarkb = tarkistussumma(Apu1)  
  
    MSComm1.PortOpen = False  
  
    'Tutkitaan tarkistussummien avulla tuliko tieto oikein logiikalta  
    If Tarka = Tarkb Then  
  
        'Heksa = kysytyn sanan arvo heksalukuna  
        Heksa1 = Mid(Analogiatulot, 8, 4)  
        'Muutetaan heksaluku desimaaliluvuksi  
        Des1 = HexToDes(Heksa1)  
        'Skaalataan saatu jännitearvo Lämpötila-asteiksi  
        '0 = -20C, 255 = 80C -> T = 100/255 * y - 20  
        TI021 = (100 / 255) * Des1 - 20  
    End If  
End Sub
```

Kuva 2. Visual Basic kielistä ohjelmakoodia



Kuva 3. Valvomon päänäyttö, MainScreen

Puhaltimen ohjaus

**Käsiajon säädöt**

Pyörimisnopeus:  Hz

**Automaattiajon säädöt**

Pyörimisnopeus:  Hz

☐ Jatkuva kuivaus

☐ Jaksottainen kuivaus

Run time:  5 min

Stop time:  10 min

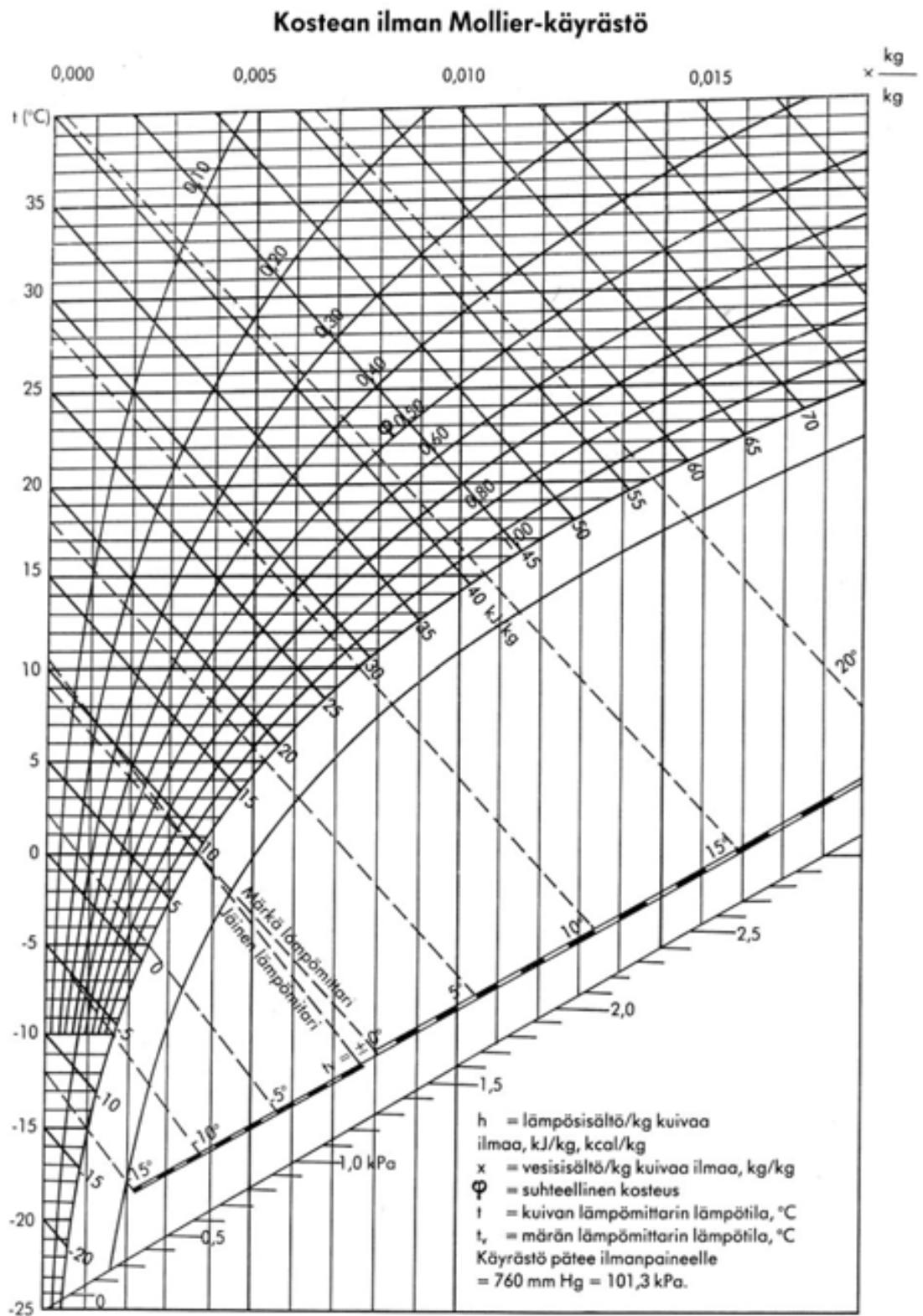
Vaadittu kuivaustehokkuus:  g/kg

Kuivauksen aloitus aika:  07  00

Kuivauksen lopetus aika:  21  00

Kuva 4. Puhaltimen ohjaus valvomosta

## Liite 10, Mollier-diagrammi



## **10 KÄYTTÖOHJEET**

### **10.1 Tutkimuksen aloitus**

Kun kuivuri on lastattu kuivattavalla materiaalilla, tutkimustyö aloitetaan seuraavien vaiheiden mukaisesti:

Käytä ajotavan valitsinta pystyasennossa (ks. liitteen kuva 1), jonka jälkeen valitse ajotapa (Auto / Käsi). Näin toimien ohjelma-koodin askeltiedot nollauntuvat.



KUVA 1. Ajotavanvalitsin.

Käynnistä WeatherLink ohjelma. Mikäli haluat säätiedot ajan tasalle heti, toimi ohjeen, ”Säätietojen päivitys”, mukaisesti. Tämän ei ole välttämätöntä, koska WeatherLink ohjelma päivittää säätiedot automaattisesti käyttäjän asettaman aika välein.

Käynnistä valvomo-ohjelma. Valvomo-ohjelman käynnistyttyä säädä puhallin toimimaan toiveidesi mukaan. Käsiäjolla puhallin pyörii jatkuvasti valvomosta asetetun pyörimisnopeuden mukaisesti. Automaattiajolla voit valita joko jatkuvan, tai jaksottaisen kuivauksen. Jatkuva kuivaus pyörittää puhallinta aina ”Run Timen” ajan ja pysäyttää puhaltimen ”Stop Timen” määrittämäksi ajaksi. Mikäli kosteutta ei poistu riittävästi, puhallin ei lähde kuitenkaan pyörimään. Jaksottainen kuivaus pysäyttää puhaltimen aina, kun ”Run Time” on kulunut. Kuivaus jatkuu ”Stop Timen” määräämän ajan jälkeen. Tarkemmin puhaltimen toiminnan näkee Liitteen 4 toimintadiagrammeista. Voit myös valita vuorokaudenajat jolloin kuivuri käynnistyy, tai pysähtyy. Tallenna asetukset ja sulje ikkuna.

Mene valikkoon Menu / Work Details. Kirjaa työlle numero, työn seloste sekä valitse tiedontallennus tiheys. Viimeksi mainittu määrittää sen, kuinka usein kuivurin antureilta saatu data kerätään tietokoneen kovalevyllä muistiin. (Sääasemalta kerätyn datan tiedontallennustiheys asetellaan WeatherLink ohjelmalla.) Tähän ikkunaan voi myöskin kirjata käsimittarilta luetun virtauksen. Kun olet tallentanut muutokset ja sulkenut ikkunan, voit jättää ohjelmiston keräämään tietoa prosessista.

## **10.2 Sää-aseman tietojen vieminen Exel - taulukkoon**

### **10.2.1 Säätietojen päivitys**

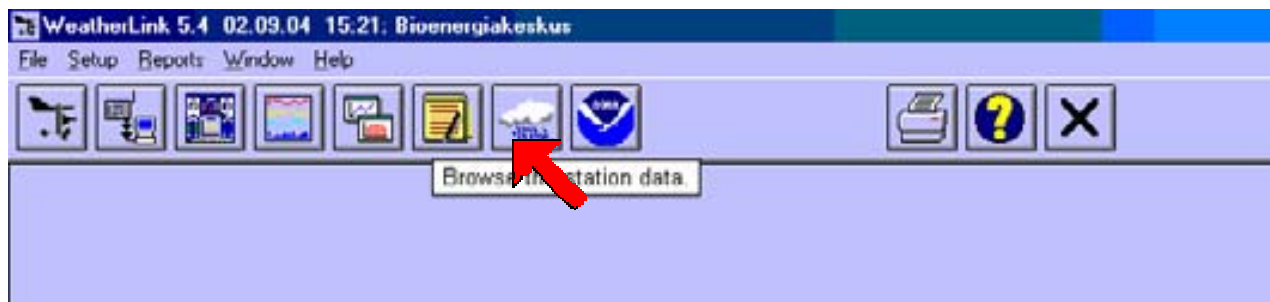
Weatherlink 5.4 ohjelma päivittää säätiedot automaattisesti sää-asemalta tietokoneen kovalevyllä (päivitystiheydeksi on asetettu sekä tasa- että puolikkaat tunnit). Mikäli Weatherlink ohjelma ei ole ollut käynnissä, säätiedot voidaan päivittää itse seuraavasti:

Klikkaa ohjelman painiketta ”Download Weatherstation”.

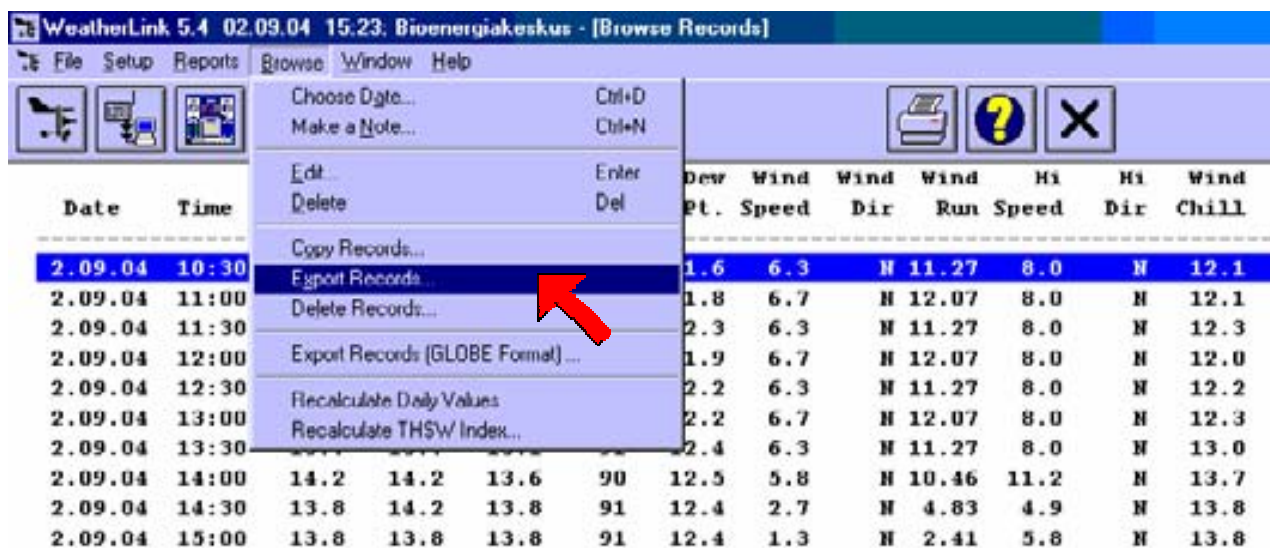


## 10.2.2 Säätietojen vienti Exel - taulukkoon

Klikkaa painiketta "Browse the Station Data"

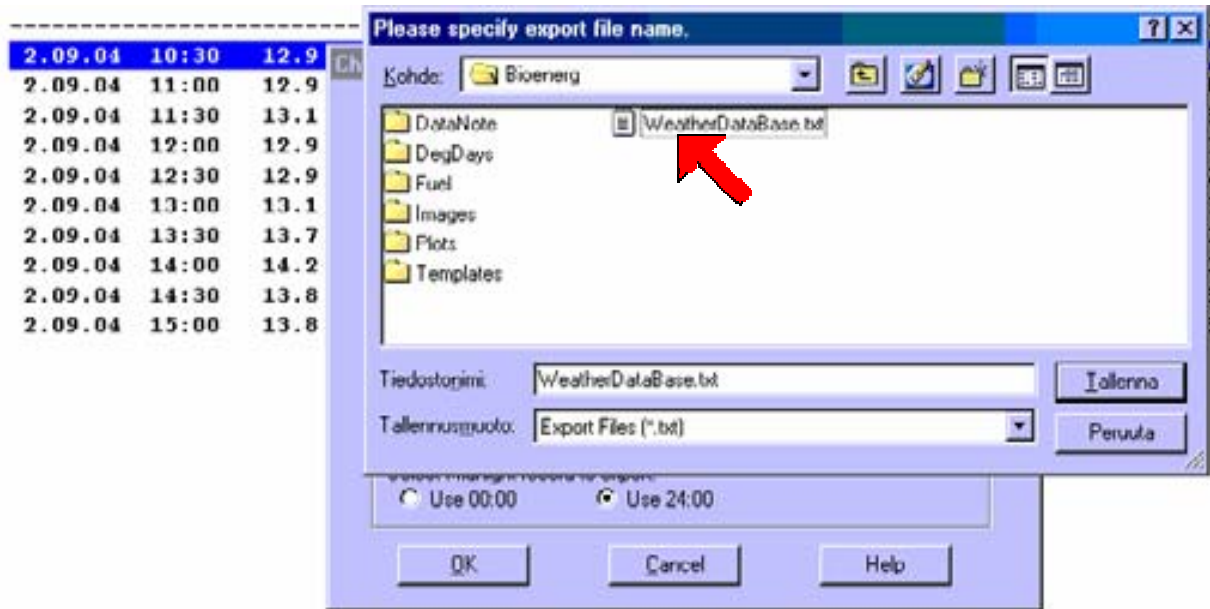


Mene valikkoon Browse / Exportrecords



Klikkaa hiirellä päivämäärät, jotka haluat viedä Exel-taulukkoon. Kun olet valinnut päivämäärät paina ”OK”.

Tallenna tiedot tiedostoon ”D:/Weatherlink 5.4 /Bioenerg/WeatherDataBase.txt”  
(aiemman tiedoston päälle).



Tiedot ovat nyt siirtyneet Exel-taulukkoon ”C:/Kuivuri/Mittaus\_tietokanta.xls”. Tämä tapahtui Exelin ”Nouda ulkoiset tiedot” - toiminnon avulla. Pikakuvake edellä mainittuun taulukkoon löytyy työpöydältä.

## **10.3 Kuivurin tietojen tuonti Exel – taulukkoon**

### **10.3.1 Tietokanta**

Valvomo-ohjelma (C:/Kuivuri/Valvomo.exe), tekee tietokantaa tiedostoon "C:/Kuivuri/KuivuriDb/KuivuriDb.txt". Tiedosto sisältää kuluvan päivän tiedot kuivurin toiminnasta. Tämä tiedosto siirtyy automaattisesti excel-tilukkkoon "C:/Kuivuri/Mittaus\_tietokanta.xls".

Kuivurin antureilta kerätyt tiedot tallentuvat päivämäärän mukaisesti järjestykseen kansioon "C:\Kuivuri\KuivuriDb\Historia\". Tiedostonimestä näkee minkä päivän tiedot kyseiseen tekstittiedostoon on tallennettu.

### **10.3.2 Vanhojen kuivaustietojen tuonti Exeliin**

Mikäli Exelissä halutaan tarkastella vanhoja päivämääriä, ne täytyy tuoda Exeliin. Uusiille tiedoille kannattaa tehdä uusi taulukko-sivu. Tietojen tuonti onnistuu "Nouda ulkoiset tiedot", toiminnon avulla (Toiminto löytyy Exelin valikosta: Tiedot/ Nouda ulkoiset tiedot/ Tuo tekstittiedosto). Jotta tieto tulisi oikein, asetukset tulee valita seuraavasti:

Tiedostotyyppiä tulee valita tekstittiedosto.

Tiedostolaji on erotettu. Kentän erotinmerkki on sarkain.

Tietojen tuonti kannattaa aloittaa jo riviltä yksi, jolloin saadaan kenttien otsikot näkyviin.

Mikäli tiettyä saraketta halutaan käsitellä numerotietoina(esimerkiksi sarakkeen tiedoista halutaan piirtää käyrä), sarakkeen muodoksi tulee valita "yleinen".



## **10.4 Tietokoneen kaatuminen**

Mikäli tietokone syystä tai toisesta kaatuu, toimi seuraavasti:

Käynnistä tietokone uudelleen.

Toimi ohjeen ”Tutkimuksen aloitus” mukaan. Olet menettänyt tiedot mittauksista TI021, TI022, TI023, TI024, MI031 ja MI032, siltä ajalta kun valvomo-ohjelma ei ole ollut toiminnassa.

## **10.5 Ohjelmiston uudelleenasennus**

Valvomonohjelmisto on tallennettu ”Monikäyttökuivurin automatisointi” CD-levylle. Mikäli ohjelmisto joudutaan asentamaan uudelleen edellä mainitulta levyltä kopioidaan kansio ”Kuivuri” valvomotietokoneen juurihakemistoon eli asemaan ”C:/”. Valvomo-ohjelma, valvomo.exe, voidaan käynnistää tämän jälkeen kansiota ”C:/Kuivuri/”.

Mikäli sääaseman ohjelma ”WeatherLink” täytyy asentaa uudelleen, asennetaan ohjelma sääaseman mukana tulleet asennuslevykkeeltä.